LOS HOMBRES de la historia

la Historia Universal
a través de
sus protagonistas

135

Lavoisier

Maurice Daumas

Centro Editor de
América Latina



LOS HOMBRES de la historia 135

Lavoisier nació en París el 26 de agosto de 1743 y realizó estudios como alumno externo en el acreditado Collége des Quatre Nations, llamado también Collège Mazarin. En él, cuyo plan de estudios daba mucha importancia a las ciencias, no parece haber completado los cursos de bachiller en artes, pero sí haber estudiado, después de retórica, el curso de matemática que daba el abate La Caille. Luego, continuando la tradición familiar, cursó la carrera de derecho, recibiéndose de bachiller y luego de licenciado en derecho. A pesar de estos estudios y de ciertas inclinaciones literarias que había demostrado siendo estudiante, ya desde la época en que concurría al Collège Mazarin se fue acercando cada vez más a las ciencias y es interesante recordar una nota, existente entre sus manuscritos, en que Lavoisier se refiere a sus estudios: "Cuando asistí por primera vez a un curso de química, aunque el profesor que había elegido pasara por ser el más claro y el más accesible para los principiantes, y a pesar que se esforzaba infinitamente por ser comprensible, me sorprendí al ver la oscuridad que rodeada los primeros accesos a esta ciencia".

El puesto de Lavoisier en la historia de la ciencia ha sido largamente discutido y esta discusión, que involucra enojosas cuestiones de prioridad, traspuso los límites de la objetividad científica en varias ocasiones, sobre todo en las proximidades de las guerra de 1870. Al margen de estas cuestiones, es oportuno señalar que la importancia del aporte de Lavoisier no reside en el descubrimiento de cuerpos nuevos, sino en la creación de un sistema coherente de conocimientos en el que los trabajos de los demás fueron los eslabones de una gran cadena. Por eso, en su aspecto puramente químico, su obra es una obra de culminación y no de iniciación, obra que da solución definitiva a problemas antiguos que dificultaban el progreso de la química. Una vez resueltos estos problemas, una hipótesis fecunda, la hipótesis atómica de Dalton, permitirá la iniciación de una nueva era.

Fue procesado y ejecutado el 8 de mayo de 1794.

(Los conceptos reproducidos pertenecen a Leticia Halperín Donghi, traductora de esta biografía, y han sido tomados de su introducción al volumen Lavoisier, Bs. As. C. E. A. L., 1967)

Esta obra fue publicada originalmente en Italia por Compagnia Edizioni Internazionali S.p.A. - Roma Milán.
Director responsable: Pasquale Buccomino
Director editorial: Ciorgio Savorelli
Redactores: Mirella Brini, Ido Martelli, Franco Occhetto, Andreina Rossi Monti.

135. Lavoisier - Los siglos XVII y XVIII
Este es el cuarto fascículo del tomo **Los siglos XVII y XVIII.**

Ilustraciones del fascículo N° 135:
Se publican por cortesía de Maurice Daumas, director del museo del Conservatorio Nacional de Artes y Oficios de París.
Fotografías de P. Malvisi y F. Ordasso.

Traducción de Leticia Halperín Donghi

Junín 981 - Buenos Aires
Hecho el depósito de ley
Impreso en Argentina
Se terminó de imprimir en los talleres gráficos de Sebastián de Amorrortu e Hijos S.A., calle Luca 2223, Buenos Aires, en abril de 1978.
Distribuidores en la República Argentina
Capital: Mateo Cancellaro e Hijo, Echeverría 2469, 5° C, Capital.
Interior: Ryela S.A.I.C.F. y A., Bartolomé Mitre 853, 5°, Capital.

Lavoisier

Maurice Daumas

1743
26 de agosto. Antoine Laurent Lavoisier nace en el callejón Pecquet, cerca de la calle des Blancs Manteaux de París.

1764
Julio. Abogado ante el Parlamento [de Justicia] de París.

1766
9 de abril. Su memoria sobre los diferentes modos de iluminar una ciudad recibe la medalla de oro. (*Mémoire sur les différents moyens qu'on peut employer pour éclairer une grande ville*).

1767
Lavoisier realiza un viaje de estudios de mineralogía al este de Francia con su maestro Guettard.

1768
Marzo. Es nombrado adjunto del Recaudador General Baudon.
20 de mayo. Adjunto de la Academia de Ciencias en la clase de química.

1771
16 de diciembre. Se casa con Marie-Anne Paulze, hija del Recaudador General Jacques Paulze, director de la Compañía de Indias.

1772
30 de agosto. Nombramiento de agregado de la Academia de Ciencias en la clase de química. Comienza sus investigaciones sobre calcinación y combustión que continuará todo el año siguiente.

1774
Enero. Publica los opúsculos físicos y químicos (*Opuscules physiques et chimiques*).

1775
26 de abril. En la Academia de Ciencias lee la memoria sobre la naturaleza del principio que se combina con los metales (*Mémoire sur la nature du principe qui se combine avec les métaux*), donde describe las propiedades químicas del oxígeno.
30 de junio. Es nombrado director de la Administración de Pólvora.

1776
Abril. Traslada su residencia al Arsenal.

1777
3 de mayo. Lee en la Academia la memoria sobre la respiración de los animales (*Mémoire sur la respiration des animaux*).

1778
14 de febrero. Es nombrado pensionario de la Academia de Ciencias.

1779
17 de noviembre. Lee en la Academia una memoria sobre la naturaleza de los ácidos (*Considerations sur la nature des acides*).

1782
Diciembre. Comienza a realizar investigaciones de calorimetría con Laplace.

1783
24 de junio. Primera experiencia sobre la descomposición del agua.

1784
24 de abril. Ante la Academia lee la memoria escrita en colaboración con Meunier: *Où l'on prouve par la décomposition de l'eau que ce fluide n'est pas une substance simple* [Donde se prueba por la descomposición del agua que este líquido no es una substancia simple].

1785
Director de la Academia durante este año.
31 de enero. Inicia la gran experiencia sobre la descomposición y recomposición del agua que se concluirá el 12 de marzo.

1787
Agosto. Se publica el *Método de nomenclatura química* [Méthode de Nomenclature chimique] propuesta por Lavoisier y otros hombres de ciencia.

1788
3 de abril. Es elegido miembro de la *Royal Society* de Londres.

1789
Enero. Publica su *Tratado elemental de química* [Traité élémentaire de chimie].
En el curso del año, Lavoisier inicia en colaboración con Seguin una serie de investigaciones sobre química fisiológica que se continúan hasta 1792. Diputado suplente ante los Estados Generales y administrador del Banco de Descuentos.

1790
Lavoisier es miembro del comité de pesas y medidas.

1791
7 de abril. Es nombrado comisario de la Tesorería nacional. Además, es secretario del club "La Sociedad del 89".
18 de diciembre. Tesorero de la Academia.

1792
4 de enero. Determina con Haüy la unidad de peso del nuevo sistema de medidas.
20 de marzo. Supresión de la *Ferme générale* [Compañía recaudadora de impuestos].
17 de agosto. Abandona su residencia del Arsenal y se muda al bulevar de la Madeleine.

1793
10 de agosto. Se suprime la Academia de Ciencias.
28 de noviembre. Los recaudadores generales son arrestados.

1794
8 de mayo. Proceso y ejecución de los recaudadores generales, incluido Lavoisier.

1. Marie-Anne Paulze retratada de muy joven. Retrato al pastel.

2. Lavoisier y su esposa en el famoso cuadro de J.-L. David en el Rockefeller Institute for Medical Research, Nueva York.



1

2

De la alquimia a la química. Paracelso.

Hacia la mitad del siglo XVIII, los químicos estaban cerca de pensar que su ciencia había alcanzado un grado de perfección difícil de sobrepasar. Después de un largo período de oscura marcha, dos hombres habían contribuido ruidosamente a transformar el campo y los métodos de observación y a formar un cuerpo de doctrina capaz de proporcionar al conjunto de los hechos conocidos una explicación coherente y satisfactoria.

El primero de estos hombres fue un médico suizo que gozó de fama prestigiosa ya durante su vida: Paracelso, cuyo verdadero nombre era Aureliano Felipe Teofrasto Bombast von Hohenheim. Era un hombre del Renacimiento, conocedor de las ciencias místicas, que vivió desde 1493 a 1541 una vida breve y agitada; en ella se sucedieron actos de gran efecto, como el auto de fe de los libros clásicos de la medicina escolástica con el cual celebró su iniciación en la enseñanza médica en la Universidad de Basilea en 1526. Afiliado a los Rosacruces, iniciado, según se decía, en las prácticas herméticas, dio pábulo con sus muchos viajes a tierras lejanas, al rumor de que en los confines de Europa y de Asia hubiese mantenido relaciones directas con los auténticos poseedores de la piedra filosofal.

La personalidad de Paracelso, las teorías que enseñó, la violencia y el énfasis de su estilo escrito y oral provocaron discusiones apasionadas cuyo eco todavía no se ha extinguido. Por estas discusiones, casi más que por el contenido de su enseñanza, la química logró salir de la oscuridad en el curso del siglo XVI.

En efecto, Paracelso rechazó la medicina galénica y enseñó el uso de remedios nuevos constituidos por compuestos químicos que se extraían de los minerales y se preparaban en el laboratorio. Preconizaba sobre todo las sales de antimonio, de cinc, de mercurio, de hierro, de estaño y ciertos estimulantes extraídos de los productos vegetales importados de Oriente como la tintura de opio. Había aprendido los fundamentos de la química cuando todavía estudiaba medicina bajo la dirección del padre que era profesor de la escuela de minas de Villach, en Carintia. Había adquirido así conocimientos sobre los compuestos minerales de los que carecían los médicos que sólo se habían formado en los textos de medicina galénicos.

La explotación de las minas y el tratamiento de los minerales para extraer las sales necesarias para las industrias de los colorantes, y para preparar las aleaciones metálicas, se cuentan entre las principales actividades humanas que desde los orígenes de la civilización permitieron agrupar las distintas propiedades de los productos del suelo; e incluso también los diferentes procedimientos de transformación utilizados. Todos esos datos constituirían el punto de partida para la química posterior a Paracelso. La práctica de las minas al hacer que el hombre penetrara en el seno de la tierra, había hecho surgir y había difundido un cierto número de creencias que, en cierto modo, obligaban a respetar tradiciones concebidas en su origen como un homenaje a las criaturas que el hombre rozaba sin ver, dentro de las galerías subterráneas.

Así, en las sociedades primitivas el arte del fundidor o del artesano que trabajaba en los hornos donde la piedra se transformaba en brillantes metales estaba rodeado de una fabulación mística, tras la cual disimulaba el metalurgista el secreto de esas transformaciones. Esta secular tradición supersticiosa impregnaba todavía en el siglo XVI todo lo que tenía relación con la minería y el tratamiento de los metales. Y a través de Paracelso, que extrajo ciertos elementos de sus teorías herméticas, influyó en el espíritu de la ciencia química hasta la época de Lavoisier.

En la época de Paracelso el contenido de la química provenía de dos clases de actividades muy diferentes y que sin embargo estaban unidas por una sólida doctrina que las emparentaba con las ciencias ocultas. Paralelamente a la explotación de las minas y de las substancias minerales, la química práctica se había manifestado en las primeras experiencias en la industria del teñido. Los colorantes, que se extraían de los vegetales y de las substancias minerales, eran utilizados en la industria del teñido cuyo arte se había originado en los países de Oriente, antes de alcanzar civilizaciones de la antigüedad clásica en la cuenca mediterránea. La industria de los colorantes al extenderse por Europa con la conquista romana, y al alcanzar en el transcurso de los siglos medievales los países antes habitados por los bárbaros, propagó paralelamente las prácticas de la alquimia.

En sus orígenes, que probablemente son el período helenístico, al menos en lo que se refiere a nuestra civilización latina, la alquimia es directamente el producto del arte de la tintura. Quizá los egipcios del Bajo Imperio hayan sido los primeros que utilizaron procedimientos tradicionales —ya milenarios en su época— que permitían revestir objetos hechos con materiales variados de una capa coloreada por medio de pigmentos minerales. En este período, que no puede precisarse con exactitud, la propiedad de ciertos compuestos, como los de arsénico, de estaño, de antimonio, de mercurio, de cambiar de color por efecto de una sulfuración o de una oxidación, sugirió a algún decorador la idea de sustituir el polvo de oro con alguno de ellos. Para hacer creer que existía un secreto para la fabricación del oro falta sólo el pequeño acto de acallar un escrúpulo y para muchos eso nada representaba ante la perspectiva del prestigio y de la ganancia. Probablemente así nació la alquimia y el sueño que atormentó durante casi diez siglos el espíritu de los más iluminados o de los menos escrupulosos; o sea, el de encontrar el secreto de la famosa piedra filosofal capaz de transformar en oro el metal común.

Todavía, alrededor de 1760, Guillaume Rouelle, con quien Lavoisier estudió química, citaba en sus cursos la piedra filosofal y el hipotético elixir de larga vida. La alquimia, que tuvo durante el Renacimiento un florecimiento extraordinario, en particular en Italia y en Alemania, obtenía su prestigio, no sólo de la finalidad mágica que perseguía, sino de la filosofía de la materia que cultivaba y que confería a esta ciencia la solidez de una doctrina largamente meditada. Los alquimistas pretendían que esta filosofía, cultivada especialmente en la época alejandrina, les había sido revelada a los primeros de ellos por una semidivinidad mítica, Hermes Trimegisto, así llamado porque podía presentarse bajo tres aspectos diferentes y que dio su nombre al inmenso cuerpo de doctrinas que se agrupaban bajo la denominación de filosofía hermética.

En el curso de los siglos, los principios de esta filosofía fueron profusamente ampliados en términos confusos y sibilinos. Algunos de ellos fueron adoptados directamente por los químicos a partir del siglo XVI y dieron origen a concepciones contra las que Lavoisier deberá entablar una lucha áspera y difícil. Uno de los más importantes es el siguiente; la materia, cualquiera sea su apariencia y sus propiedades, se compone de cuatro elementos fundamentales e indestructibles: la tierra, el aire, el agua y el fuego. Se trata de los cuatro elementos de Aristóteles; la alquimia, como toda ciencia medieval, era peripatética y la química siguió siéndolo en forma definida hasta Lavoisier. En efecto, hasta una época muy tardía, o sea, hasta mediados del siglo XVIII, la química ignoró la existencia de los gases. Aunque algunos químicos de fines del siglo XVII hubiesen intuido su existencia, el aire atmosférico continuó siendo un elemento simple y fundamental, único en su clase, y Lavoisier debió luchar previamente contra esta concepción para hacer admitir su teoría de la combustión y de la respiración. Después de esto pudo concluir la demolición de la química aristotélica al demostrar que el agua era un cuerpo compuesto y no un elemento simple.

La tierra, primer elemento fundamental de Aristóteles, perdió con bastante rapidez su individualidad, sobre todo por obra de Paracelso y como consecuencia dio nacimiento a un gran número de teorías efímeras y contradictorias que no se apoyaban en los hechos.

Finalmente, la última concepción fundamental de la alquimia que impregnó en forma profunda la filosofía química hasta el término de la lucha de Lavoisier, es la que afirma la existencia de seres materiales,

imponderables, invisibles e indestructibles que serían los agentes de las transformaciones físicas y químicas que sufren los cuerpos naturales. En un comienzo el fuego fue el agente universal activo en cualquier circunstancia, con su presencia o su ausencia, al fijarse sobre la materia o desprendiéndose de ella, intermediario del hombre para actuar sobre ella y hacerle adquirir las apariencias más diversas. Agente fuerte y temible, que fue creado en los hornos del alquimista, y controlado en los del químico, verdadero Proteo, fluido, materia o espíritu, permite dar cuenta de todos los fenómenos, de todas las transformaciones. Al fuego, la materia del fuego, el fluido ígneo, el calórico, se lo encuentra por doquiera bajo varios nombres y, habrá de resistir hasta los embates de la lógica de Lavoisier; encabezará junto con la luz la lista de los cuerpos simples por él preparada.

También la tierra, el agua y el aire son para los alquimistas los principios que confieren a los cuerpos su aspecto físico y los químicos continuarán concibiéndolos así. Pero Paracelso rechazó los cuatro principios aristotélicos y los sustituyó por cinco principios cercanos nacidos de un concepto análogo al del peripatético. Los principios de Paracelso son el azufre, el mercurio, la sal, la flema y el *caput mortuum* (que no es sino el residuo terroso que queda en el fondo de los recipientes al final de la destilación). Los cuatro primeros son parientes próximos de los principios de Aristóteles. El azufre es el agente de la combustión, o, más exactamente el que proporciona a la materia la cualidad de combustibilidad, el mercurio es el que le otorga la calidad de líquido, la sal, la de solidez; la flema, la de volatilidad. Además, para Paracelso existen cuatro principios lejanos que es difícil distinguir, sea de los cuatro principios próximos, sea de los cuatro elementos de Aristóteles. De este modo, al renovar la filosofía de la materia, por lo menos en la forma, ya que no en la sustancia, Paracelso dio a la teoría química una estructura que no ha de perder hasta la reforma de Lavoisier.

La obra de Paracelso, sin embargo, es importante también por otra causa. Al promover una química médica —la iatroquímica— arrebató la química de manos de los alquimistas y le dio un público nuevo dedicado a la investigación y a la práctica: los médicos. Este hecho tuvo una importancia extraordinaria en la historia de la química, pues, gracias a él en el curso de los dos siglos siguientes surgió esa ciencia con la que tomará contacto Lavoisier hacia 1760.

La historia de la química después de Robert Boyle

La preparación de los nuevos medicamentos, actividad de seguro valor económico, estimuló a los médicos de los siglos XVI y XVII a estudiar muy atentamente los compuestos minerales y a esbozar una primera clasificación sistemática que ofrecía a la futura ciencia una trama ya muy elaborada. Por lo tanto, los iatroquímicos y los metalúrgicos han hecho progresar en forma considerable las ciencias químicas en el curso del siglo XVII: en esta época se identifican y constituyen las grandes categorías de compuestos. El antagonismo ácido-base proporcionó los primeros elementos; apareció luego la categoría de las sales, producto de su combinación; las tierras, resultado de la descomposición de las sales o de la oxidación directa de los metales, luego todos aquellos compuestos que todavía no estaban muy bien diferenciados, los sulfuros, los cloruros y los oxicloruros a los que se les asignó nombres genéricos que se referían al aspecto físico más que a sus propiedades o a su composición química. Poco a poco, en la segunda mitad del siglo XVII, la química así sistematizada adquirió una individualidad definida al precisarse ciertas diferencias con respecto a la medicina práctica. Pudo así proporcionar a las ciencias y a las aplicaciones prácticas cuerpos nuevos en número cada vez mayor. Por último, comenzó a manifestarse la química vegetal que ya se había ocupado de la participación del aire atmosférico en el proceso de crecimiento de las plantas con el médico flamenco van Helmont, luego con el médico inglés John Mayow y sobre todo con su gran compatriota Robert Boyle.

Boyle vivió desde 1626 a 1691 y ostenta títulos suficientes como para ubicarlo en los orígenes de la química científica tal cual se le presentó a Lavoisier. En gran parte se le debe a él la clasificación sistemática de los cuerpos conocidos; los primeros barruntos aunque no las primeras certezas, de que una parte del aire atmosférico interviene en los fenómenos de respiración y de oxidación, y por último, la técnica de manipulación de los cuerpos gaseosos.

Con respecto a uno de estos puntos —el papel que desempeña el oxígeno en ciertos fenómenos que se estaba bien lejos de formular de un modo tan preciso— Boyle fue uno de los químicos que en el siglo XVII se preocupó de un hecho conocido desde hacía mucho tiempo: el aumento de peso que sufren los metales cuando se los calcina en presencia del aire. Este aumento de peso es el resultado de la fijación del oxígeno del aire para formar los óxidos metálicos. Ni siquiera se vislumbraba la causa del fenómeno; se lo explicaba suponiendo que los cuerpos calcinados fijaban la materia del fuego —una interpretación lógica dentro de la filosofía química de la época, que un químico alemán, George Ernest Stahl, habría elevado a teoría, la teoría del flogisto, algunos años más tarde.

La técnica de la manipulación de gases es una adquisición de importancia equivalente para el nacimiento de la química nueva. La iniciación de esta técnica se debe en primer lugar al físico alemán Otto von Guericke, quien hacia 1655 llevó a cabo los famosos experimentos llamados de las esferas de Magdeburgo, destinados a probar la existencia del vacío. En el curso de estas experiencias, Guericke inventó la bomba neumática, que Robert Boyle y Denis Papin transformaron en un instrumento de uso corriente en física.

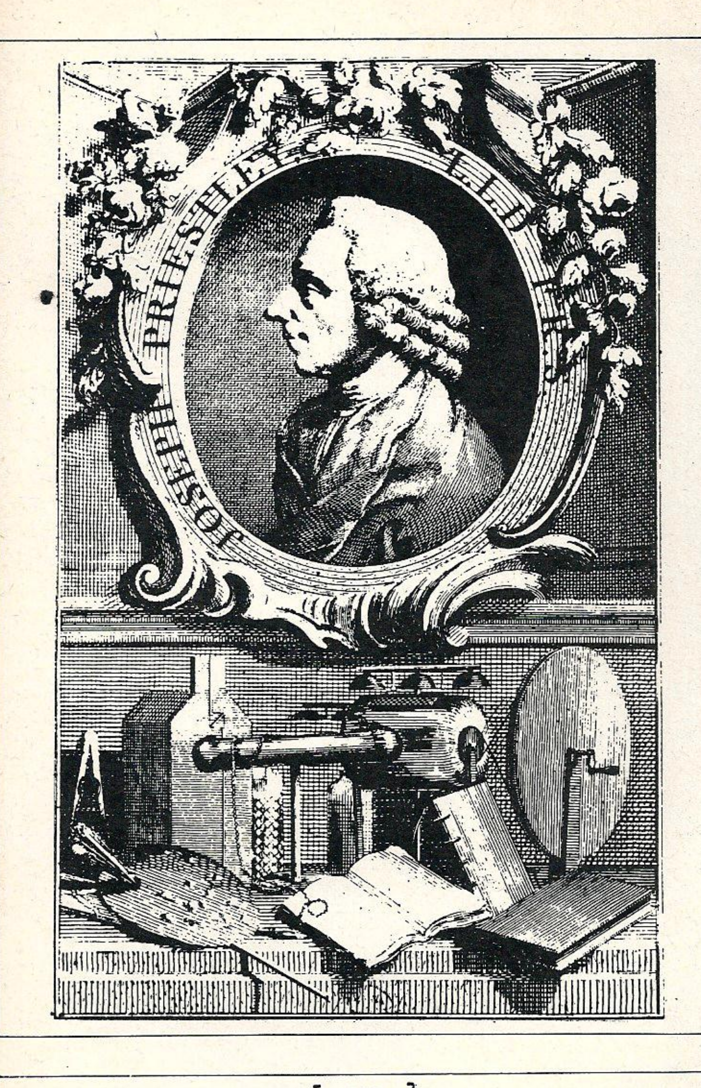
Poco después, un botánico británico, el iniciador de las investigaciones de fisiología vegetal, Stephen Hales (1677-1761), usó por primera vez la cuba de agua y las campanas invertidas para la manipulación de los gases.

Precisamente, al meditar sobre los trabajos de sus predecesores, en particular sobre los de Boyle y de Hales, Lavoisier, preocupado por la incoherencia del sistema químico, decidió en 1773 realizar la serie de experiencias que junto con la calcinación de los metales y el análisis de los gases le permitiría encontrar la clave para una doctrina científica de la química. Quizá, si no hubiera existido hasta entonces una teoría general que diera a la química la apariencia de una ciencia coherente, Lavoisier hubiera encontrado menos oposición a sus ideas cuando comenzó a comunicarlas. Pero, entre los trabajos de los químicos de la generación de Robert Boyle y los de la generación de Lavoisier, el médico alemán Stahl había dado a la química la primera doctrina moderna, la del flogisto.

El flogisto

Después de Paracelso, George Stahl es el segundo estudioso que ha dejado profundas huellas en la química antes de la aparición de Lavoisier. Nació en 1660 en Anabach, estudió medicina en Jena y entró en 1687 al servicio del duque de Sajonia-Weimar. Desde 1694 a 1716 fue profesor de la Universidad de Halle, donde meditó y publicó los elementos de la teoría que habría de recibir admirada y unánime adhesión de quienes se dedicaban a la química en la comunidad culta europea, y les proporcionó la ilusión durante tres cuartos de siglo de que esta ciencia había alcanzado un grado de perfección no superado.

Para apreciar con exactitud el esfuerzo del sabio alemán hay que tener en cuenta el estado de conocimientos de su época. Ningún descubrimiento definitivo había atacado realmente la integridad de los cuatro elementos de Aristóteles y su comentario ocupaba siempre el lugar más importante en los tratados de química que se publicaban en número creciente en todas las lenguas. En particular, no había por qué dudar de la naturaleza simple del aire atmosférico, al cual no podía compararse ningún otro cuerpo puesto que se ignoraba la existencia de los gases. Pero, la naturaleza del fuego había sido objeto de múltiples hipótesis y en particular, los "espíritus" o principios responsables de las cualidades de las sustancias químicas, se habían multiplicado, desde Paracelso, hasta el infinito y dado que no se rechazaba ninguno, en este campo reinaba una enorme confusión. El mérito de Stahl residió en



1

EXPERIMENTS

AND

OBSERVATIONS

ON DIFFERENT KINDS OF

AIR.

By JOSEPH PRIESTLEY, LL.D. F.R.S.

Fert animus Cauſas tantarum expromere rerum;
Immenſumque aperitur opus.

LUCAN

LONDON:
Printed for J. JOHNSON, No. 72, in St. Paul's Church-Yard.

MDCCLXXIV.

2

[119]

XIII. *Experiments on Air. By* Henry Cavendiſh, *Eſq. F.R.S. & S.A.*

Read Jan. 15, 1784.

THE following experiments were made principally with a view to find out the cauſe of the diminution which common air is well known to ſuffer by all the various ways in which it is phlogiſticated, and to diſcover what becomes of the air thus loſt or condenſed; and as they ſeem not only to determine this point, but alſo to throw great light on the conſtitution and manner of production of dephlogiſticated air, I hope they may be not unworthy the acceptance of this ſociety.

Many gentlemen have ſuppoſed that fixed air is either generated or ſeparated from atmoſpheric air by phlogiſtication, and that the obſerved diminution is owing to this cauſe; my firſt experiments therefore were made in order to aſcertain whether any fixed air is really produced thereby. Now, it muſt be obſerved, that as all animal and vegetable ſubſtances contain fixed air, and yield it by burning, diſtillation, or putrefaction, nothing can be concluded from experiments in which the air is phlogiſticated by them. The only methods I know, which are not liable to objection, are by the calcination of metals, the burning of ſulphur or phoſphorus, the mixture of nitrous air, and the exploſion of inflammable air. Perhaps it may be ſuppoſed, that I ought to add to theſe the electric ſpark; but I think

3

TRAITÉ
CHIMIQUE
DE L'AIR ET DU FEU,

Par Charles-Guillaume SCHEELE, *Membre de l'Académie Royale des Sciences de Suède;*

AVEC UNE INTRODUCTION

De TORBERN BERGMANN, *Profeſſeur de Chimie & de Pharmacie, Écuyer, Membre de pluſieurs Académies:*

OUVRAGE TRADUIT DE L'ALLEMAND,

Par le Baron DE DIETRICH,

Secrétaire-Général des Suiſſes & Griſons, Membre du Corps de la Nobleſſe immédiate de la baſſe Alſace, Correſpondant de l'Académie Royale des Sciences.

A PARIS,
RUE ET HÔTEL SERPENTE.

M. DCC. LXXXI.

Sous le Privilège de l'Académie.

4

1

En la página anterior:

1. Joseph Priestley. París. Biblioteca Nacional. Sala de Grabados.

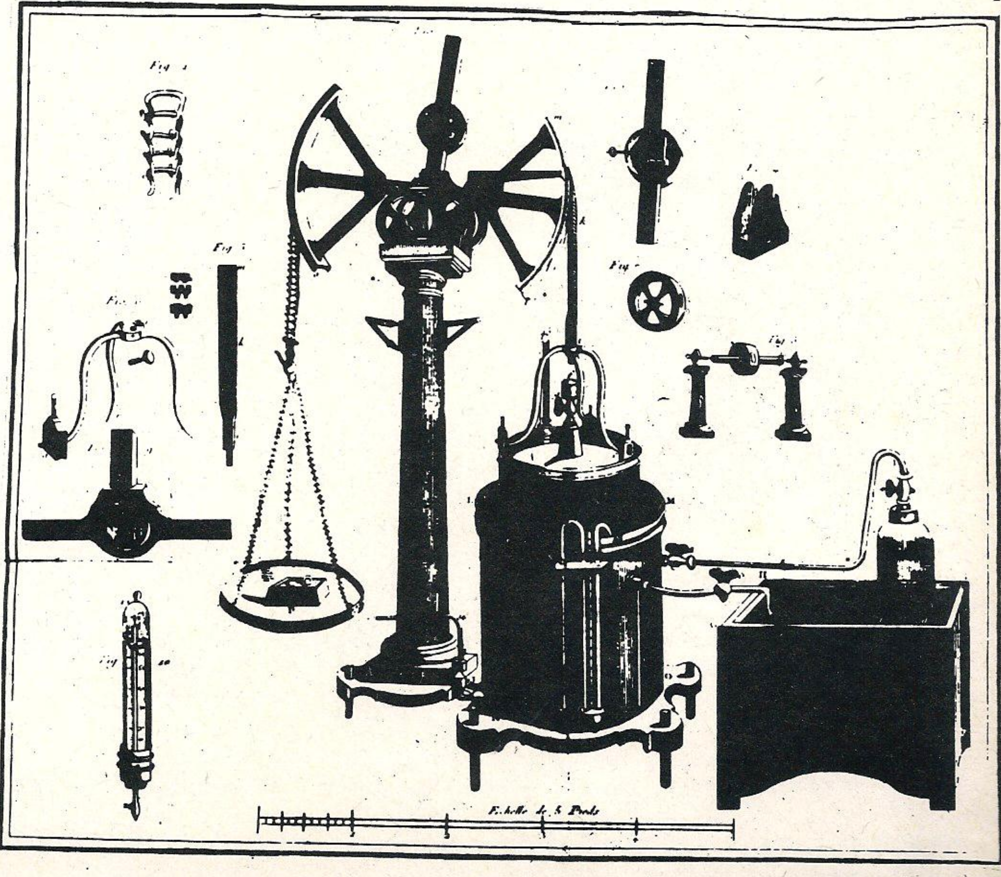
2. Portada de la obra de Priestley: Experiments and observations on different kinds of air, *publicada en Londres entre 1774 y 1777. París, Biblioteca Nacional.*

3. Primera página del escrito de Henry Cavendish, Experiments of air, *publicado en las "Philosophical Transactions of the Royal Society of London" en 1784. París, Biblioteca Nacional.*

4. Portada de la traducción de la obra de Carl Wilhelm Scheele: Traité de l'air et du feu, *de 1781. París Biblioteca Nacional.*

1. Los instrumentos de Lavoisier exhibidos en el Museo del Conservatoire National des Arts et Métiers en París. En primer plano, los gasómetros de precisión y las cubetas para los análisis de gases.

2. Lámina del Tratado elemental de química *dibujada por la esposa de Lavoisier: el gran gasómetro construido por Mégnié en 1777.*



2

simplificar estas concepciones y en reunir bajo una misma expresión los diversos aspectos de esta química de los principios. Obtuvo su idea conductora en los escritos de un químico místico, Joachim Becher, quien en una de sus obras, la *Physica subterranea* expresó sencillamente que sólo existían dos principios fundamentales: el agua o principio de la humedad y la tierra o principio de la sequedad. A su vez la tierra se dividía en tierra vitrificable, tierra material y tierra inflamable. Stahl tomó como base de su teoría del flogisto, precisamente a esta última que él llamaba "phlogiston".

Para Becher el fuego existía al estado libre, por ejemplo en la llama, y al estado fijo en los cuerpos inflamables. Para Stahl, estos cuerpos perdían al quemarse su fuego fijo, el flogisto. Lo mismo ocurría con los metales cuando se los sometía por ejemplo a la calcinación; la separación del flogisto por acción del calor los transformaba en cales, o sea en óxidos, que por lo tanto debían ser cuerpos más simples que los metales desprovistos de flogisto. La teoría explicaba con la misma simplicidad los fenómenos de reducción; en esta operación el carbón cedía su flogisto a las cales, los óxidos que readquirían su estado metálico. Stahl elevó estas nociones a las dimensiones de una teoría general e interpretó todas las reacciones químicas con el principio del pasaje del flogisto de una sustancia a otra. Por ejemplo, explicaba de este modo la descomposición de los carbonatos en óxidos por efecto del calor o en sales por acción de los ácidos. Los ácidos que entonces se conocían, a saber, el ácido nítrico, sulfúrico, clorhídrico, fosfórico se obtenían por pirogenación de ciertos minerales o por acción de los más fuertes de ellos sobre ciertas sales. Por lo tanto eran compuestos de una sustancia particular que poseían la propiedad ácida que le confería el flogisto, al cual cedían a su vez en el curso de las reacciones en las que intervenían. De este modo, Stahl extendió la teoría a la formación de las sales, las que constituían la clase más rica de compuestos químicos naturales o preparados en el laboratorio, y le confirió así una universalidad muy atractiva.

La teoría del flogisto que hoy se presenta en contradición formal con los hechos, era perfectamente lógica en el cuadro de la filosofía química de la época. Una tradición que ya entonces tenía más de un milenio había hecho admitir la existencia de agentes particulares cuya multiplicación comenzaba a confundir. Al sustituirlos a todos por un solo agente universal, Stahl había introducido en la química una coherencia que nada contradecía. El solo hecho que hubiera podido producir una grieta en el sistema del flogisto era el muy conocido del aumento de peso de los metales durante la calcinación. La teoría enseñaba que durante la operación los metales perdían su flogisto; pero esto no podía constituir un argumento en contra porque por definición el flogisto era un espíritu imponderable e invisible y por lo tanto, no podía intervenir, en un sentido o en otro, en el cambio de peso de la materia prima tratada; y por naturaleza, era inatrapable y por lo tanto, no identificable. En cuanto al aumento de peso de los metales calcinados, persistía como un fenómeno no explicado todavía al igual que muchos otros que se observaban comúnmente; por ejemplo, el calor que libera el ácido sulfúrico cuando se lo mezcla con agua. Durante quince años, Lavoisier lucharía con tal concepción, coherente y aceptada por todos, puesto que por vez primera confería unidad a la química. Todos sus colegas de los diferentes países le habrían de presentar precisamente esa argumentación de la imposibilidad de recoger el flogisto, cuando él comenzó a demostrar que esto último no era más que una hipótesis superada. A menudo se dijo que antes de Lavoisier la química no existía. Esto no es exacto: en el momento en que Lavoisier se acercó a esta disciplina ésta constituía un conjunto concreto de conocimientos que por vez primera encontraba en la teoría del flogisto un apoyo filosófico coherente. Por esta razón ningún químico quiso en un principio que el edificio se desmoronara y se necesitó una inteligencia lúcida como la de Lavoisier para demolerlo y reconstruir una ciencia nueva.

Los enciclopedistas partidarios de una nueva química

En un comienzo, la teoría de Stahl no había despertado demasiado interés. Fue expuesta y elaborada en forma completa por obra de sus comentadores alemanes, Juncker y Gellert, cuyas obras se tradujeron al francés hacia 1750 o poco después. Esta teoría había sido introducida en Francia por un químico poco conocido, Sénac, hacia la mitad del siglo y había sido adoptada por todos, replanteada y difundida con innumerables perfeccionamientos. Sin embargo, no todos estaban satisfechos por igual; en tanto que los químicos la reverenciaban como una verdad definitivamente establecida, los lógicos y los matemáticos le otorgaban poco crédito. Precisamente los matemáticos de la Academia de Ciencias serán los primeros defensores de las ideas de Lavoisier hacia 1780. Al parecer, tampoco los enciclopedistas aceptaron con la fe ciega de los químicos de la Facultad de Medicina y del *Jardin du Roi* [Jardín Botánico], una teoría que se apoyaba en un postulado que tenía todo el aspecto de un principio metafísico. El artículo "Flogisto" que era dable esperar en aquel momento, no figura en su orden alfabético en la *Enciclopedia*, sino que aparece sólo en el suplemento como si se lo hubiera olvidado. El redactor del artículo "Química", Venel, profesor de química en Montpellier, expresa del siguiente modo su opinión sobre el estado de la ciencia que cultivaba: "Es evidente que la revolución que pueda colocar la química en la categoría que le corresponda, de ubicarla por lo menos junto a la física matemática, no puede ser realizada más que por un químico hábil, entusiasta y valiente, el cual al encontrarse en una posición favorable y aprovechando hábilmente de algunas circunstancias propicias, podría atraer la atención de los sabios, en un principio con una ostentación brillante, con un tono decidido y afirmativo, más tarde cuando ya el prejuicio se debilitara, con razones. Pero, a la espera de este nuevo Paracelso..."

Lavoisier sería el nuevo Paracelso que este texto, publicado en 1760, definía exactamente con aquellos rasgos que lo convertirían en uno de los sabios más ilustres de la historia de la ciencia.

En efecto, llegaba en el momento justo, estaba armado de todas las cualidades necesarias para una empresa tal y poseía las condiciones intelectuales y materiales que le permitirían iniciarla y realizarla.

Perfil de un hombre de ciencia

Antoine Laurent Lavoisier nació el 26 de agosto de 1743 en una calle de París que todavía existe, casi con el mismo nombre, el callejón Pecquet en la parroquia de Saint-Merri, en la que se lo bautizó. Era hijo de un procurador del Parlamento, perteneciente a aquella burguesía desahogada que comprendía la nobleza del dinero y los elementos de la opinión pública esclarecida que cuarenta y cinco años más tarde acogió favorablemente los primeros síntomas de la Revolución. Estudió derecho con su padre y a los veintiún años ingresó como abogado al Parlamento de París, pero no ejerció nunca esta profesión.

Todavía muy joven perdió a su madre y luego a una hermana, tres años menor que él. La educación que recibió de su padre y de su tía en tales circunstancias explica quizás el carácter serio y reflexivo que demostró durante una existencia que, si bien no destaca ninguna extravagancia, tampoco presenta las características de verdadera austeridad. Su constante rigor de pensamiento permitió que algún historiador moderno lo acusara de avaricia y de una insana pasión por las ganancias. Pero si se mostró rígido tanto en sus cuentas personales como en las de la *Ferme générale* [Compañía recaudadora de impuestos], de la cual llegó a ser uno de los principales directores, en sus operaciones de química dio prueba del mismo rigor escrupuloso, cualidad sobresaliente de su personalidad de hombre de ciencia.

Como gracias al patrimonio de su padre estaba libre de la obligación de dedicarse demasiado pronto a una profesión lucrativa, luego de licenciarse en derecho se dedicó a estudios complementarios de ciencia. Asistió a las clases privadas del abate Nollet, el más prestigioso representante de la física experimental de la época; las del gran químico Rouelle, y estudió botánica en el *Jardin du Roi* con Bernard de Jussieu y mineralogía con Jean Guettard. La influencia de

...même qui avoit été remplie de glace une demie heure et trois quarts d'heure auparavant depuis 10. h. 49. jusqu'à 11. h. 49. la glace intérieure s'est trouvé avoir donné .... 6. onces, 0. gros, 25 grains

La glace de l'enveloppe extérieure avoit donné .... 2 livres 12 onces 6 gros 30 grains

C'étoit dans la cave qu'on opéroit et le thermomètre marquoit environ 13 ½.

Calorique ~~l'expérience~~ spécifique ~~seule~~ du mercure

a midy 24. on a mis dans la machine 49 L. 12. onces de mercure echauffé a 58. degrés un quart du thermomètre

a une heure 27. La glace intérieure avoit donné 12. 2. 58

a 2. heures 28. La glace intérieure avoit donné en tout — 1. livre 5. 6. 60.

a 3. heures 40. La glace intérieure avoit donné tout compris depuis le commencement de l'expérience ... 1. 11. 6. 60.

alors on a retiré le mercure de l'appareil mais il n'étoit pas encore entièrement refroidi et il étoit a 8. degrés ½. ou 8. degrés ¼.

La glace de l'enveloppe extérieure avoit produit pendant tout le tems de l'expérience .... 8. .. 5. gros 48 grains

après avoir essayé l'effet d'un refroidissement lent, on a essayé l'effet d'un refroidissement très prompt, et à cet effet on a fait echauffer la même masse de mercure diminuée seulement d'une once environ qui s'étoit perdue et on l'a versée dans la machine a même la glace. le thermomètre étoit dans le mercure a 51 ½ degrés on a repassé le mercure deux

1

...

Première séance des expériences sur la chaleur

Cette première séance a été principalement employée à faire des expériences sur la machine elle même les expériences ont été faites à l'air libre, et comme il faisoit chaud, la glace de l'enveloppe intérieure couloit ... ce qu'on a fait ce premier jour peut être regardé comme nul, à cause de l'eau que fournissoit la machine, à l'exception de l'expérience qui suit, qui ayant été faite très rapidement, n'est point susceptible de la même objection

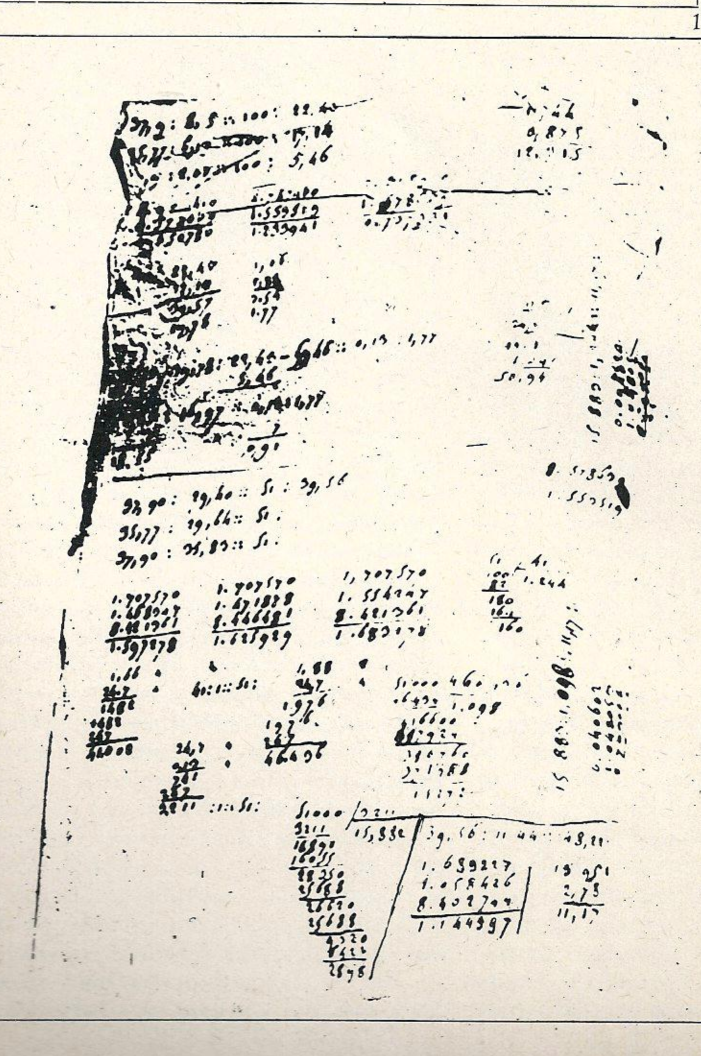
on a pris 3. livres d'eau a 37. degrés du thermomètre on l'a versée dans la machine ... la glace et l'ayant ... deux ou trois fois ... 12. onces ... d'eau a zéro ... livres d'eau avoient fondu 1 L. 10. 7 ... de glace ce qui donne pour le degré auquel partie égale d'eau fait fondre partie égale de glace, 61. 5.

Si on cherche d'après cela la quantité d'eau ~~de glace~~ qui fait fondre 1. livre de glace a 1. degré et qu'on apelle cette quantité d'eau x. on aura x = le poids de l'eau fondue dans l'expérience divisé par le produit de la masse employée et le degré de chaleur qu'elle avoit. ce qui donnera pour l'expérience ... en employant ... de décimales de livres, $x = \frac{1,804,69}{3 \times 37} = \frac{1804,69}{111}$ 0,01626.

Seconde séance des expériences sur la chaleur du 27 juillet 1782

on a d'abord fait une expérience sur la machine

2



3

este último, de quien se hizo amigo, indudablemente fue decisiva para su vocación científica.
Quizá pensaba ya dedicarse a la química. En efecto, en algunas notas todavía inéditas, escribía las siguientes reflexiones a propósito de su primer contacto con la química cuando todavía era alumno del Colegio Mazarin, es decir, cuando seguía estudios secundarios. "Cuando asistí por primera vez a un curso de química, aunque el profesor que había elegido (se trata seguramente de La Planche, profesor en el Colegio Mazarin) pasara por ser el más claro y el más accesible para los principiantes, y a pesar de que se esforzaba infinitamente para ser comprensible, me sorprendí al ver la oscuridad que rodeaba los primeros accesos a esta ciencia . . . Estaba acostumbrado al rigor de razonamiento que los matemáticos utilizan en sus obras: nunca prueban una proposición más que cuando la anterior ya ha sido demostrada. Todo está unido, todo está encadenado, desde la definición del punto, de la línea, hasta las verdades más sublimes de la geometría trascendente. En la química, el procedimiento era totalmente distinto. Desde los primeros pasos se comenzaba por suponer, en lugar de probar, se presentaban términos que todavía no se sabían definir, o por lo menos que sólo se podían definir mediante conocimientos que no poseía en absoluto y que sólo podía adquirir estudiando toda la química. Se comenzaba, así, a enseñarme la ciencia suponiendo que ya la sabía . . .".
Este aspecto de la enseñanza de la química era simplemente indicio de la confusión que reinaba todavía en esta ciencia en el campo de las definiciones fundamentales; éstas definiciones sobre presupuestos no demostrados disimulaban mal el hecho que las nociones fundamentales sobre las que habría debido apoyarse y desarrollarse el pensamiento químico carecían todavía del rigor que caracteriza los elementos de una ciencia. Lavoisier, que en el colegio había estudiado la lógica de Condillac y meditado mucho sobre ella, indudablemente se impresionó desde la adolescencia por esta confusión que no encontraba en las otras disciplinas con las que se había familiarizado.
Una curiosidad natural lo impulsaba a practicar las ciencias de la naturaleza mucho más que las ciencias matemáticas; aunque frecuentó los más grandes matemáticos de su tiempo, en realidad parece que de las matemáticas sólo conoció lo necesario para formar el espíritu y adquirir un método de razonamiento. Por el contrario, se interesó mucho por la botánica y la mineralogía —en especial por esta última en la que comenzó con Guettard un mapa mineralógico de Francia cuya realización fue confiada posteriormente a otras manos a causa de circunstancias externas. Se interesó durante toda su vida por la meteorología, practicó con método la agricultura y la agronomía, (el perfeccionamiento de la recolección del nitrato de potasio, el nitro lo condujo a estudiar el modo de producirse un fenómeno natural). En resumen, si bien se dedicó a la química como actividad principal, la biología y la fisiología atrajeron su atención lo bastante como para poder señalar las primeras etapas de estas ciencias con trabajos importantes.
De este modo, él, que en un principio no se había orientado a una carrera científica y cuya profesión era la de un gran administrador o de un financista, se decidió en forma deliberada a reformar el sistema de la química en virtud de una actitud personalísima, la "ostentación", probablemente a la que se refería Venel unos años antes y que consideraba indispensable para esta empresa. Cualidades intelectuales, habilidad de experimentador adquirida en los laboratorios de sus maestros, y hacia 1765 en la realización de algunos trabajos personales, Lavoisier reunía en resumen varias de las cualidades enumeradas por el químico de Montpellier. Pero, disponía además de todo el dinero necesario para realizar sus experimentos en las mejores condiciones y con los mejores aparatos. Por último, esa misma situación económica que lo eximía de entrar en la docencia universitaria, le concedía toda la independencia necesaria para atacar prejuicios que habían adquirido valor de dogma.

Primeras actividades científicas

Lavoisier realizó su primer trabajo personal en 1764: un análisis del mineral de yeso y un estudio del fraguado del yeso, que dieron lugar a las dos primeras memorias leídas en la Academia de Ciencias en 1765 y 1766. Tenía entonces veintiuno y veintidós años. En julio de 1764, terminados sus estudios de derecho fue aceptado como abogado en el Parlamento de París. Dedicó los siguientes dos o tres años a satisfacer algunas curiosidades, a viajar para estudiar la geología y la mineralogía del valle parisiense y de regiones más lejanas como Normandía y las Ardenas. En 1766 intervino en un concurso de la Academia de Ciencias acerca del mejor modo de iluminar durante la noche las calles de una gran ciudad y la memoria que presentó fue premiada con medalla de oro. Por último, en 1767 acompañó a Guettard en un viaje de estudios por el este de Francia con el fin de comenzar el gran atlas de mineralogía que había sido proyectado por el profesor del *Jardin du Roi*.
Lavoisier anotaba en su cuaderno reflexiones que revelan que la estructura de la química ya comenzaba a interesarle. En mayo de 1766 escribió: "El aire no es un elemento que exista como tal, es agua transformada en vapor, o para hablar más claramente, es el resultado de la combinación del agua con la materia del fuego . . .". Indudablemente había pensado ya dedicarse a la solución de algunos grandes problemas científicos. Decidió así tomar un cargo estable que le garantizara los medios de proseguir sin dificultad su tarea: entró en la *Ferme générale* [Compañía recaudadora general] en 1768.
En Francia, la administración de las finanzas públicas era ejercida por una sociedad de hombres de negocios, a los que el rey encargaba percibir y recoger las tasas e impuestos en toda la extensión del reino. Una concesión de seis años que la corona otorgaba a un testaferro de la sociedad de financistas le concedía a ésta la recaudación de los impuestos. Bajo Luis XV la sociedad se componía de sesenta personas que aportaban los capitales necesarios para la empresa, capitales que rendían a sus propietarios alrededor del veinte por ciento de ganancia. La adquisición de un cargo de recaudador general era una operación compleja que sólo podía llevarse a cabo con el apoyo de las relaciones con que contaba el interesado no sólo en los ambientes financieros sino en los círculos próximos a la familia real y a la tesorería general. Sólo podía realizarse mediante coimas muy importantes cuyo verdadero destino permanecía siempre un poco oscuro. Al renovarse cada concesión se realizaba también el cobro de los intereses cuyos beneficiarios eran el rey, su familia y sus familiares.
Estas prácticas parecían normales en una época en la cual desde más de un siglo atrás las cargas públicas se vendían, a veces a beneficio del tesoro, pero más generalmente a beneficio del rey y de sus ministros.

Recaudador general del Reino

En 1768, gracias a la protección del intendente de Lorena, amigo del procurador Lavoisier y, sobre todo, gracias a la fortuna del padre, Antoine Laurent Lavoisier pudo adquirir intereses en la *Ferme générale*. Mediante el pago de 340.000 libras, de las cuales su padre garantizó 180.000 en pagarés, pudo entrar como adjunto, con una tercera parte, en el cargo del recaudador general Jean Baudon. Las funciones de adjunto eran gratuitas, pero garantizaban a su titular la sucesión del recaudador general, al que había comprado una parte de las acciones.
Al entrar de ese modo en la alta finanza sin deber superar las dificultades que habitualmente se les presentaban aún a candidatos mejor ubicados, Lavoisier no tardaría en ocupar un puesto destacado. La *Ferme générale* había perdido ese carácter opresivo que en épocas aún recientes le había atraído el odio de los súbditos del reino. Seguía siendo una administración onerosa para las finanzas del Estado, pero esto era producto del sistema más que de la personalidad de los recaudadores. Casi todos los colegas de Lavoisier, que para su desgracia permaneció en la *Ferme* hasta la caída de la monarquía, eran administradores honestos y competentes: los financistas prevaricadores, que aparecían en los diarios por los escándalos y las costumbres disolutas, no llegaban a los altos grados de la administración real. Los que gozaron de la confianza de

Turgot y posteriormente de Necker eran grandes burgueses que vigilaban a conciencia sus propios intereses, pero cumplían sus tareas con honestidad. Estaban seguros de hacerse ricos si conservaban muchos años su cargo y llevaban las cuentas del reino con todas las cualidades de contadores escrupulosos. La perspectiva de ganancias garantizadas no fue ajena a la decisión de Lavoisier al elegir una profesión. Se calculó que desde 1768 a 1786, Lavoisier ganó 1.200.000 libras exclusivamente con el cargo de recaudador general que ni siquiera había desempeñado siempre solo.

El cierre de las gestiones de los últimos recaudadores generales que comparecieron ante el tribunal revolucionario en 1794, reveló un balance a favor de la *Ferme générale* a la cual la nación le debía muchos millones de libras.

La actividad de Lavoisier en la *Ferme générale* nunca se estudió en detalle. Se sabe que demostró grandes cualidades de administrador y también quizá de economista. Desempeñó las funciones más importantes al formar parte de los comités de mayores responsabilidades y en 1783 entró en el comité de administración que era el órgano directivo de la *Ferme* y trataba con el gobierno.

Entre otras tareas, él formó parte de la dirección superior de tabacos y de la dirección de las aduanas de París. En el primero de estos cargos debía perseguir los fraudes del comercio del tabaco; en efecto, existían en ciertas provincias jurisdicciones diferentes que estaban separadas de las otras provincias del reino por aduanas fiscales por las cuales se realizaba un contrabando, a veces favorecido por los empleados inferiores de la compañía de tabacos. Lavoisier se preocupó también por hacer desaparecer la "mojadura" del tabaco, sistema por el cual los revendedores mojaban el tabaco para aumentar el peso y procurar una ganancia ilícita. Por lo tanto, deseaba defender los intereses de la *Ferme* pero también los de los consumidores; pero, precisamente una de las acusaciones que el tribunal revolucionario formuló globalmente contra todos los directores fue la de haber favorecido la "mojadura".

En la dirección de aduanas, Lavoisier hizo tomar una decisión que despertó contra la *Ferme* la hostilidad general y que Marat le echó en cara más tarde en un folleto virulento. Encargado de la percepción de las tasas de concesiones, descubrió que la quinta parte de las mercaderías introducidas en la ciudad de París evadía los impuestos debido a un contrabando que se realizaba mediante mil pequeños canales, a través de las propiedades con doble entrada, puesto que solamente las grandes vías de comunicación estaban provistas de puestos de control. Hizo aprobar entonces la decisión de construir una muralla que rodeara toda la ciudad y que tuviera pocos accesos fácilmente vigilables. El arquitecto Ledoux proyectó para estas puertas edificios más bien lujosos, algunos de los cuales fueron construidos y todavía embellecen ciertos barrios de París. La muralla de los recaudadores generales, que comenzó a edificarse bajo Calonne en 1785 no se concluyó; pero el famoso libelo: *Le mur murant Paris rend Paris murmurant* (juego de palabras intraducible que significa: el muro que cerca a París hace murmurar a París) no se olvidó nunca.

Durante los primeros años de su actividad en la *Ferme*, Lavoisier dependía del director general Jacques Paulze, entonces director de la Compañía de Indias. En 1771, a los veintiocho años se casó con la hija de éste, Marie-Anne, que tenía entonces sólo trece. También esta unión hubo de favorecer el desarrollo de sus investigaciones químicas que precisamente se iniciaban en ese entonces.

Lavoisier, rico y ya muy estimado en el ambiente de la alta finanza, comenzó a adquirir renombre también entre los hombres de ciencia. Su primeros trabajos ya le habían abierto las puertas de la Academia de Ciencias, donde por un favor especial se lo había nombrado adjunto supernumerario en la clase de química en mayo de 1768, sólo dos meses después de su ingreso a la *Ferme générale*. En 1768 y 1769 había realizado el primer experimento en el cual había dado muestra de una metodología rigurosa. Desde hacía mucho tiempo los químicos creían que una ebullición prolongada del agua provocaba la transformación de una parte de ésta en tierra puesto que al final de la destilación se recogía, por ejemplo, un residuo de aspecto terroso en el fondo del recipiente. Lavoisier usando sistemáticamente la balanza demostró que el residuo terroso provenía de la erosión del vidrio por parte del agua y no de la transformación de esta última.

Su esposa, una colaboradora fiel

Su joven esposa, conquistada por una tal personalidad, se interesó muy pronto en sus trabajos científicos; trabajos que pese a su importancia no eran y no llegarían nunca a ser otra cosa que ocupaciones de tiempo libre entre las horas dedicadas a los asuntos de la *Ferme* y de todos los organismos a los que pertenecía Lavoisier. Para ser de alguna utilidad a su marido, Marie-Anne Paulze aprendió latín, que entonces se usaba corrientemente en la literatura científica, inglés, algunos rudimentos de ciencia y pudo servirle de secretaria. Se sabe que hasta el fin de la carrera de él, su esposa desempeñó a menudo este papel; no sólo tomaba apuntes en el laboratorio a su dictado, traducía además cartas para el exterior y a veces obras de una cierta extensión. Así, en la época de las grandes controversias, cuando debía imponerse a todos los químicos europeos la doctrina que Lavoisier ya formulaba, la señora Lavoisier tradujo una obra del científico escocés Richard Kirwan, *Reflexiones sobre el flogisto* que fue publicada en Francia en 1788 con un agregado escrito por Lavoisier y donde sus amigos refutaban los argumentos del autor contra el nuevo sistema químico.

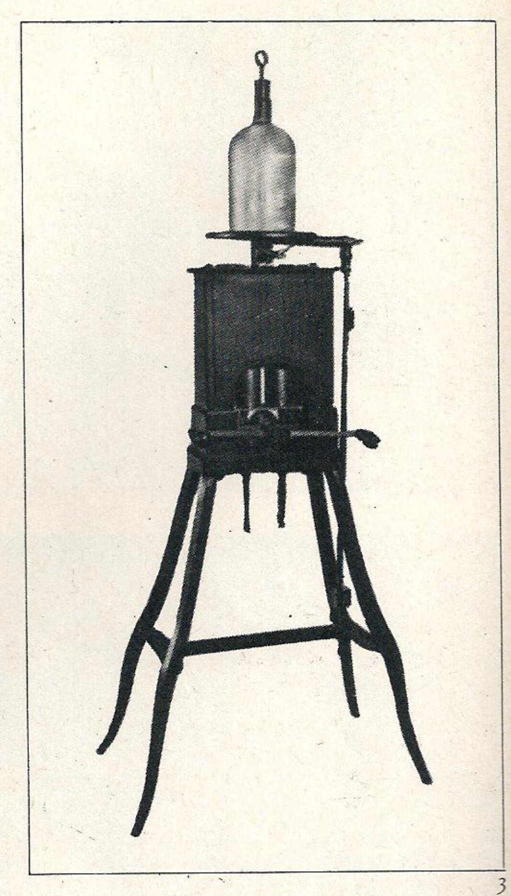
La señora Lavoisier también dio pruebas de una cierta facilidad para el dibujo y estudió bajo la dirección del célebre artista David, quien habría de pintar el famoso retrato de Lavoisier y su esposa delante de la mesa de trabajo. Utilizó este talento para dibujar las láminas de la obra más importante del marido: *El tratado elemental de química*, que en 1789 exponía en su totalidad el sistema sobre el cual se apoyaría la química en adelante.

Incluso sus cualidades sociales fueron de utilidad para Lavoisier: el modo como se agasajaba a los huéspedes, la gracia de la señora de la casa, la vivacidad de su conversación se volvieron célebres rápidamente. Después de haber vivido cinco años, desde 1771 a 1776, en la calle de Bons Enfants en las proximidades del Palais Royal, Lavoisier, en abril de ese año se mudó al Arsenal, cerca de la Bastilla, en calidad de Director de Pólvora y explosivos. Allí se hizo instalar un laboratorio de química provisto de instrumentos y productos en tal cantidad que excitaba la admiración de toda Europa. Allá realizaría la mayor parte de su obra de químico. Durante más de diez años, el laboratorio del Arsenal fue muy renombrado en todos los ambientes científicos europeos. Ningún viajero extranjero pasaba por París sin visitarlo; los científicos parisienses lo frecuentaban con placer atraídos por el prestigio de un hombre de cuyos trabajos tanto se hablaba y por la mesa bien servida que gracias a la habilidad de Madame Lavoisier pasaba por ser una de las mejores de París.

No debe desmerecerse la importancia de un ambiente tal. La difusión de las ideas y de las noticias en el mundo de la ciencia no tenía la misma rapidez que en estos días; para que un hombre de ciencia se pudiera ubicar en el centro del movimiento científico se necesitaba en modo indispensable la correspondencia privada, el envío de obras y de memorias, las conversaciones y las visitas. En dos ocasiones, además de otras de menor importancia, los contactos directos con científicos británicos hicieron que Lavoisier tomara la senda correcta en trabajos decisivos: el descubrimiento del oxígeno en 1774 y la descomposición del agua en 1783.

La señora Lavoisier, inteligente y sensible, dotada de temperamento artístico, no tenía un carácter fácil. Carecemos de detalles sobre la vida conyugal del gran químico; es casi seguro que su mujer demostró cierta inclinación por un amigo suyo, Dupont de Nemours, que durante la Revolución emigró a los Estados Unidos y cuyo hijo fue el fundador de la célebre firma norteamericana que lleva su nombre. En el momento del proceso de los directores generales de la *Ferme*, ella hizo muchas tentativas para obtener la liberación de su marido y a causa de la vivacidad de su carácter fue

1



3

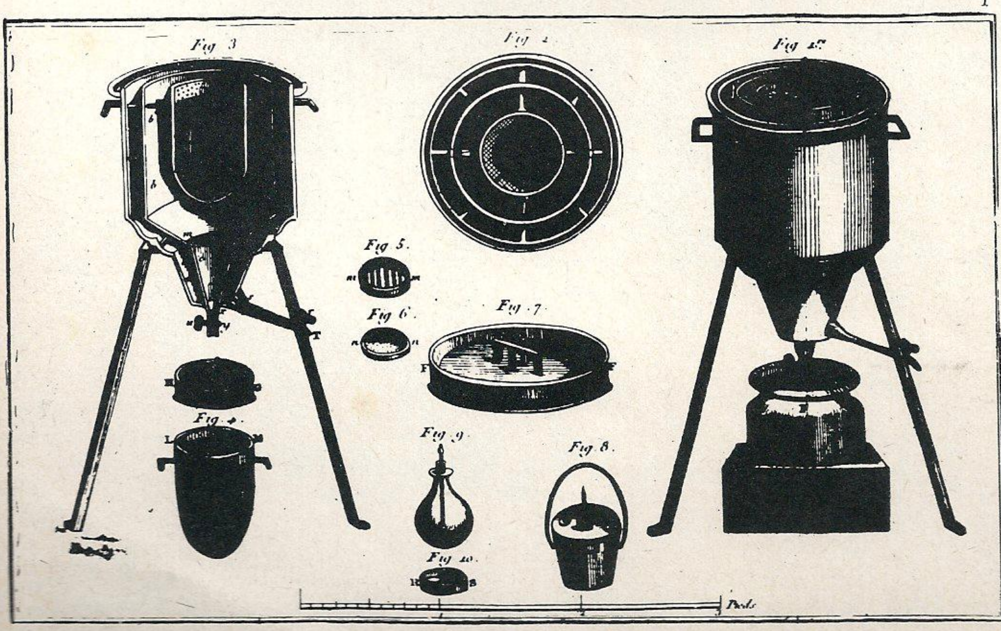
En la página 92:

1, 2, 3. Páginas del cuaderno de laboratorio de Lavoisier: las experiencias de calorimetría desde 1782 a 1784. París. Archivos de la Academia de Ciencia del Instituto de Francia.

1. Calorímetro construido por Naudin para Lavoisier. París. Conservatoire National des Arts et Métiers.

2. Lámina del Tratado elemental de química *dibujada por la esposa de de Lavoisier: el calorímetro.*

3. Bomba neumática construida por Nicolás Fortin para Lavoisier. París. Conservatoire National des Arts et Métiers.



2

1

2

quizás a veces torpe y se malquistó a personas que pese a sus funciones modestas hubieran podido actuar con eficacia. Después de la muerte de su marido, se dedicó ante todo a salvar sus bienes y a la restauración de su memoria. Recogió los instrumentos y los aparatos en una especie de museo que mantuvo en buen estado durante toda su vida. Preparó la publicación de dos volúmenes de sus memorias científicas, pero tuvo discusiones con los editores que había escogido e impidió la distribución de la obra que ya estaba impresa.
En 1805 se volvió a casar con el físico inglés Benjamin Thompson, conde de Rumford, pero rehusó dejar de usar el nombre de Lavoisier. Sólo tomó el nombre de madame de Rumford después de haberse separado de su segundo marido en 1809 y continuó su vida social, reina de un salón que tuvo renombre durante la Restauración tanto por la gente que lo frecuentaba como por la excentricidad de la dueña de casa. Murió en 1836 después de haber desheredado a su sobrina mayor a causa de las simpatías orleanistas de su marido, el duque de Gramont.

Primeras observaciones sobre los gases

Parece que con un método que prefigura el que pondrá al servicio de su actividad científica, Lavoisier se hubiese dedicado primero a crear todas las condiciones favorables para el éxito de una gran empresa, después de lo cual emprendió deliberadamente la tarea.
En efecto, en el curso del año 1772 tomó plena conciencia de la naturaleza del problema al cual se habría de dedicar. Era el problema de esclarecer la naturaleza de los gases y la parte que algunos de ellos podían desempeñar en las reacciones químicas, en particular en los fenómenos de oxidación y de combustión.
Aparecían hechos nuevos en el horizonte de la química y Lavoisier comprendió muy pronto que era posible edificar con ellos una teoría general satisfactoria, de la que quedarían excluidas todas las suposiciones incontrolables que constituían a su entender la debilidad de la teoría del flogisto. En 1756 el químico escocés Joseph Black, uno de los más renombrados de la época, había explicado la formación de los carbonatos y su descomposición mediante la existencia de un cuerpo gaseoso, el primero de esta clase realmente aislado e identificado, el gas carbónico. En realidad, desde hacía más de medio siglo que se había entrevisto la existencia del gas carbónico, pero los químicos, por respeto a las teorías aristotélicas, no se decidían a admitir que el aire atmosférico no fuese el único cuerpo gaseoso de la naturaleza. El hecho que ciertos compuestos como las bases alcalinas, la cal, la magnesia, pierden o recuperan sus propiedades cáusticas era explicado haciendo intervenir un agente inatrapable, pariente próximo del flogisto aunque no confundido directamente con éste. Por primera vez en la historia de la química, Black había rechazado una interpretación de ese tipo y había demostrado la naturaleza material del agente del proceso que conducía al carbonato; por primera vez también, se revelaba la existencia de un gas (entonces se los llamaba un "aire") que no era el aire atmosférico.
Diez años más tarde, en 1786, el hombre de ciencia inglés Henry Cavendish identificó un nuevo gas, el "aire inflamable", conocido o intuido también éste desde hacía algún tiempo: se trataba del hidrógeno. Se lo obtenía de diferentes modos y no se reconocía que estos productos de reacciones múltiples eran un mismo cuerpo. Este aire inflamable, se confundía generalmente además con el gas de los pantanos, que se desprendía del suelo en forma natural. Cavendish precisó todas estas nociones.
Además, la lista de los cuerpos gaseosos aumentó rápidamente gracias a un personaje bastante curioso, Joseph Priestley. Priestley, que era un apasionado de los problemas teológicos, perteneció sucesivamente a varias sectas religiosas. Con el mismo entusiasmo se dedicó al estudio de la ciencia y en 1767 publicó una *Historia de la electricidad*, se interesó en la química e hizo observaciones en una cervecería cercana. Después de algunos trabajos sobre el gas carbónico y sobre el aire inflamable, se demostró de pronto un descubridor incomparable. Usando medios improvisados, y gracias a la buena mano que tenía, pudo ver una cantidad de hechos nuevos que se les habían escapado a los sabios académicos. En 1771 se interesó por el fenómeno de la fijación de gas carbónico sobre las plantas; en 1772 aisló por primera vez el bióxido de nitrógeno, luego el óxido nítrico y por último el ácido clorhídrico gaseoso. En 1774 reconoció la presencia de oxígeno en el aire y encontró un método de preparación de este gas, descomponiendo con el calor el óxido rojo de mercurio.
Priestley, el investigador afortunado, se reveló un teórico muy deficiente. Dio una interpretación equivocada de todos los cuerpos que pudo aislar, puesto que, a diferencia de su ilustre colega francés, no supo liberarse de los prejuicios tradicionales. Tanto para él como para Cavendish, el flogisto continuó siendo el agente universal intocable. Los descubrimientos de los químicos ingleses que ofrecieron a Lavoisier temas de experimentos y meditación, no habrían provocado, sin él, ese derrocamiento de las teorías químicas que se verificó en la segunda mitad del siglo XVIII.
Otro químico no francés, el sueco Carl Wilhelm Scheele, descubrió el oxígeno al mismo tiempo en que Priestley, e inmediatamente después, Lavoisier lo preparaba por primera vez. Scheele, que era farmacéutico, también fue un descubridor incomparable. Sus primeras investigaciones se refirieron al ácido fluosilícico, que preparó partiendo del ácido fluorhídrico; luego descubrió el ácido arsénico y a partir de 1764 se dedicó a una larga serie de investigaciones sobre el óxido de manganeso que lo condujeron a descubrir un método de preparación del oxígeno y del cloro. Estos trabajos permitieron que su compatriota Torbern Bergman, uno de los químicos más ilustres de Europa, descubriera el manganeso. Un poco más tarde Scheele descubrió los ácidos molíbdico y túngstico, luego un gran número de ácidos orgánicos, los ácidos úrico, láctico, oxálico, cítrico. Finalmente, en los últimos años de su vida, que lamentablemente fue muy breve, pudo extraer por vez primera de las sustancias grasas un cuerpo tan importante como la glicerina. Nunca químico alguno hizo en un tiempo tan corto una contribución tal a la lista de compuestos y de cuerpos simples.
Sin embargo, como todos los otros químicos de su época, Scheele no supo desvincularse del sistema ancestral que entorpecía con una pesada capa de convenciones la ciencia que él cultivaba. Durante tres años, desde 1774 a 1777 estudió minuciosamente la composición del aire y las propiedades del oxígeno, al que denominó "aire de fuego". Publicó en alemán un *Tratado del aire y del fuego* que se conoció tardíamente en Francia y en el cual una multitud de observaciones exactas y nuevas se ocultaba detrás de una estructura teórica que no llegaba a liberarse del espíritu de la teoría del flogisto.
Cuando los más hábiles experimentadores de Europa no lograban desasirse de los dogmas tradicionales para colocar la química en una situación nueva, gracias a las variadas experiencias de que eran autores, Lavoisier resolvió este problema y rompió el cerco de la química de los principios inatrapables.

Combustión y respiración

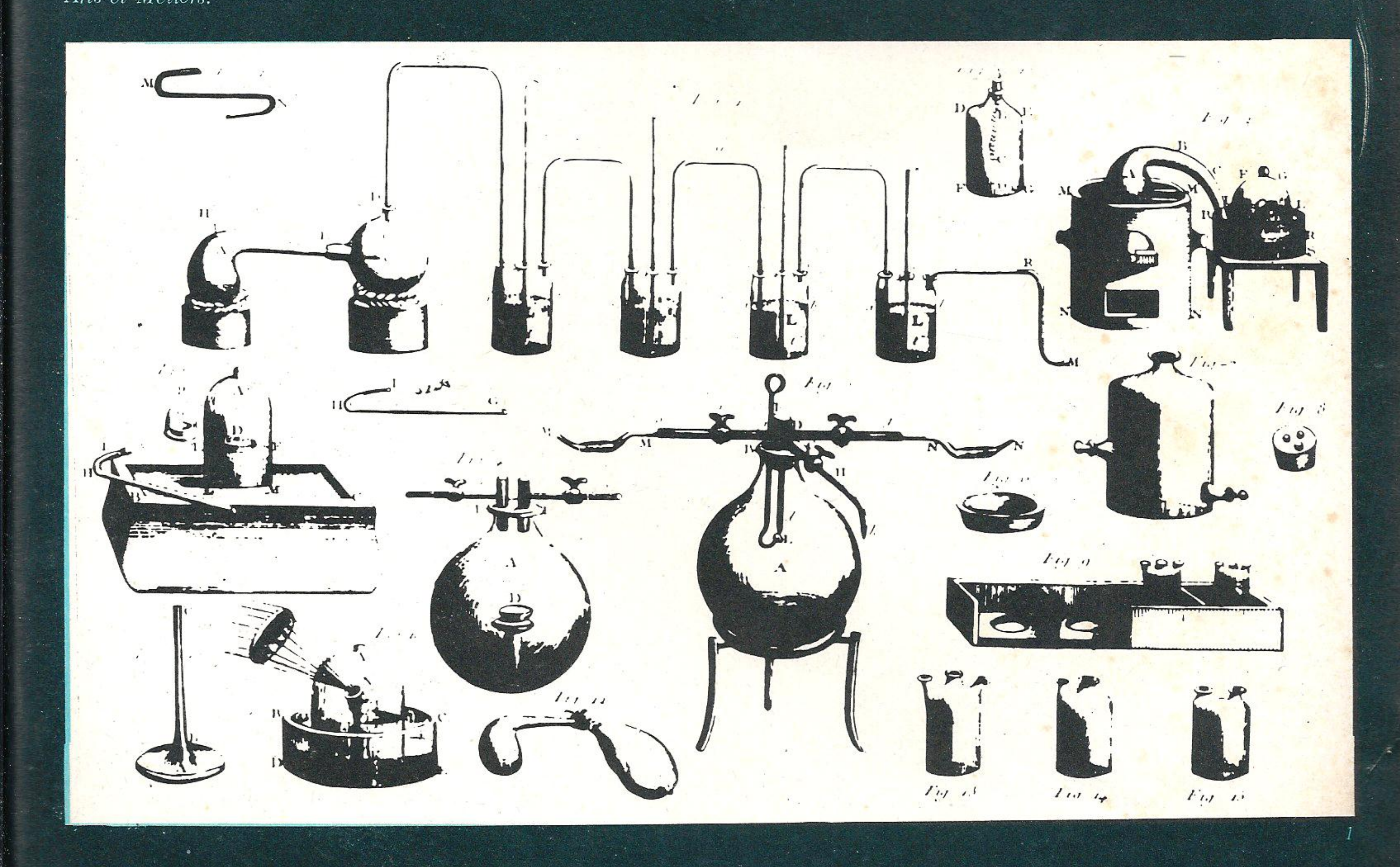
En 1772 cumplió veintinueve años. Ya se vio cómo, de un modo aparentemente liberado, se había asegurado instrumentos de trabajo de los que no disponían con tanta facilidad sus colegas franceses o extranjeros, con la sola excepción, quizás, de Henry Cavendish. Preparado por sus primeras reflexiones, llegaba en el momento justo para transformarse en el hombre que cambiaría el destino de una ciencia.
Efectivamente, si hubiese pertenecido a la generación anterior que desconocía la existencia de los gases, no hubiera podido hacer de ellos el tema de sus meditaciones y de sus trabajos. La química todavía no estaba madura para pegar el salto desde los principios aristotélicos y el flogisto hasta las combinaciones ponderales de las que el oxígeno era la clave. En el caso de haber realizado obra científica, ésta hubiera sido completamente diferente. Si hubiese llegado una generación más tarde,

En la pág. 96:

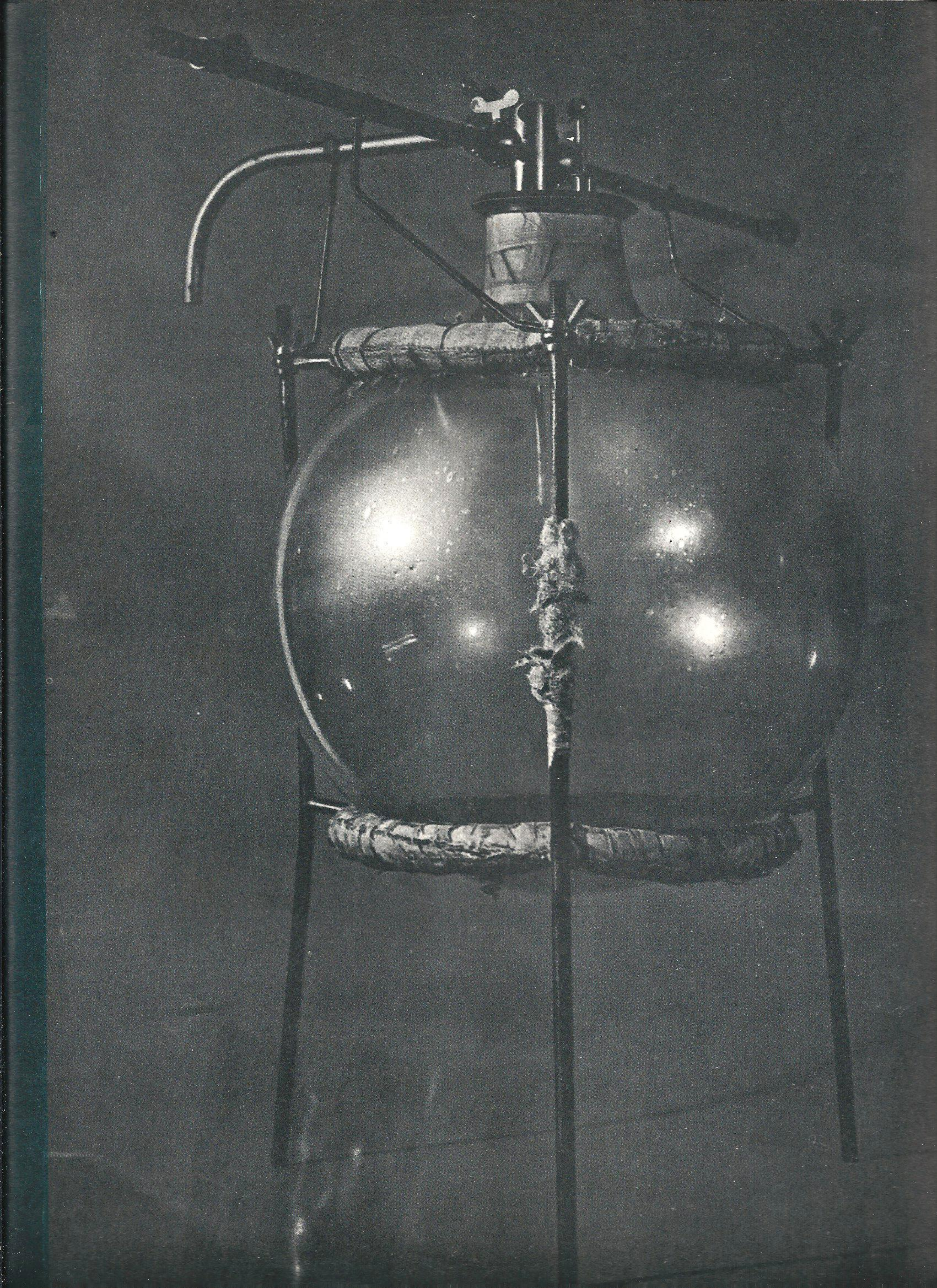
1, 2. Lavoisier realiza con Seguin algunos experimentos sobre la respiración. Dibujos de la esposa de Lavoisier.

1. Lámina del Tratado elemental de química, *dibujada por la esposa de Lavoisier: aparatos diversos y en el centro, la esfera para la síntesis del agua.*

2. La esfera en la que se realizó la síntesis del agua durante la gran experiencia de 1785. El tubo posterior servía para hacer el vacío en el recipiente; el oxígeno llegaba por uno de los tubos laterales, el hidrógeno por el otro; cuando la esfera se llenaba de oxígeno se encendía la corriente de hidrógeno mediante una chispa eléctrica. París, Conservatoire National de Arts et Métiers.



1



la química habría sufrido ya un cambio menos completo en etapas más largas y laboriosas. Quizás sus cualidades de administrador y financista hubieran vencido a la curiosidad científica y se hubiera transformado en un alto empleado del Imperio o de la Restauración. Claro está que hubiera podido dejar igualmente una obra personal en el campo de las ciencias, pero sin embargo ésta no hubiera podido tener ese carácter terminado y completo de la reforma revolucionaria de la cual fue el único responsable.

En efecto, ésta es la característica más importante de su contribución a la ciencia. Al igual que Newton, Lavoisier creó una concepción nueva que es su obra exclusiva, que se impondrá a la ciencia y la orientará en forma definitiva.

El año 1772 lo dedicó casi por completo a experimentos de calcinación de diversos materiales realizados con un espejo ustorio, es decir, con una gran lente, en colaboración con los químicos de la Academia de Ciencias. También se ocupó de la combustión del diamante, ya que, por ignorarse que éste era una forma cristalizada del carbón, su desaparición en la llama sin dejar rastros era un problema muy misterioso. A pedido de un miembro honorario de la Academia, Trudaine de Montigny, que puso a su disposición su laboratorio privado, Lavoisier reprodujo los experimentos de Priestley sobre el gas carbónico.

Finalmente en este mismo año, su interés se orientó definitivamente hacia la calcinación, sin duda a causa de sus trabajos preliminares y del problema sobre el cual ya había hecho algunos experimentos y que le había sido sugerido por las propiedades del gas carbónico, llamado entonces aire fijo. En efecto, desde el mes de setiembre anota en sus apuntes de laboratorio: "He querido verificar con este mismo aparato si el fósforo absorbía aire durante la combustión". El hecho se verifica realmente y deposita el 2 de noviembre un pliego sellado en la Academia con el resultado de sus experimentos, que encierra el primer hecho fundamental, el primer anillo de la cadena que lo conducirá al fin de sus investigaciones. Ya se puede asegurar que el fósforo y el azufre aumentan de peso al quemarse.

En este momento, Lavoisier al parecer adquiere plena conciencia de haber encontrado la vía que apartaría a la química de un callejón sin salida. También tiene conciencia de ser el único que puede explorar este camino con toda libertad. Dedica el fin de 1772 y los comienzos de 1773 a los últimos preparativos intelectuales y materiales. En el mes de febrero comienza un diario de laboratorio de gran tamaño, el primero de una serie de trece, que llenará sucesivamente con sus notas hasta 1788. El 20 de febrero anota el estado de los conocimientos relativos a la formación de los gases en las reacciones químicas, texto fundamental para comprender el pensamiento de Lavoisier y apreciar el propósito que lo guía. "Antes de comenzar la larga serie de experiencias que me propongo realizar sobre el fluido elástico que se desprende de los cuerpos, sea por la fermentación, sea por la destilación, sea finalmente por las combinaciones de todas clases, lo mismo que sobre el aire absorbido en la combustión de un gran número de sustancias, creo necesario expresar por escrito algunas reflexiones para formularme a mí mismo el plan que debo seguir. Es un hecho comprobado que, en un gran número de circunstancias, se desprende de los cuerpos un fluido elástico: pero existen varias teorías acerca de su naturaleza . . ."

Luego enumera las diversas hipótesis enunciadas por otros: se trata del aire atmosférico mismo, o bien de otro fluido distinto, el aire fijo, o bien de emanaciones sutiles "de las que se podía distinguir una infinidad de especies". Comprueba que todos los experimentos acumulados que ocupan contemporáneamente a químicos de todos los países, no son suficientes todavía para elaborar una teoría completa y satisfactoria. Señala la confusión que existe en relación a la naturaleza y a las propiedades de estos "aires" que se tiende a multiplicar, en lugar de tratar de averiguar si sus diferencias no se deben a mezclas o a la presencia de impurezas en número pequeño de gases definidos.

Finaliza con la conclusión siguiente donde se resume un programa de trabajos que seguirá escrupulosamente durante quince años: "La importancia del tema me indujo a retomar todo este trabajo que me pareció apto para producir una revolución en la física y en la química. Creí necesario considerar tan sólo como indicaciones todo lo que había sido hecho con anterioridad; me he propuesto repetirlo todo con nuevas precauciones a fin de relacionar lo que conocemos sobre el aire que se fija o que se desprende de los cuerpos con los otros conocimientos adquiridos y formar una teoría. Los trabajos de los autores que acabo de citar, considerados desde este punto de vista, me han presentado secciones separadas de una gran cadena, de la que se han unido sólo algunos eslabones. Pero falta aún una inmensa serie de experiencias para formar una continuidad . . . Esta manera de encarar el tema me ha hecho sentir la necesidad, primero de repetir, y luego, de multiplicar, las experiencias que absorben el aire a fin de que, conociendo el origen de esta sustancia, pudiera rastrear sus efectos en todas las diferentes combinaciones.

"Las operaciones por las cuales se puede llegar a fijar el aire son: la vegetación, la respiración de los animales, la combustión, en alguna circunstancia la calcinación y, por último, algunas combinaciones químicas. He creído necesario comenzar por estas experiencias."

Desde las semanas siguientes, Lavoisier comenzó la realización del programa que se había trazado. En realidad sus experimentos habían comenzado hacía casi un año, pero los continuó en 1773 de un modo más sistemático, con la preocupación de determinar el papel del gas carbónico en los fenómenos de caustificación; por ejemplo, buscando si la cal, le "da algo" a la soda, o le quita algo, estudiando el proceso de reducción de un óxido por medio del carbono o retomando sus experimentos sobre la combinación del azufre y del fósforo.

En este período comienza a experimentar con el mercurio; lo disuelve en ácido nítrico, luego precipita la solución con creta e intenta a continuación reducir el óxido de mercurio con creta. Las transformaciones del mercurio en nitrato, luego en óxido y por último nuevamente en metal, llegarán a ser pronto las reacciones claves para basar su teoría. Todavía se trata, sin embargo, de investigaciones iniciales y las propiedades del gas carbónico lo sumen en la perplejidad. Este gas tiene la particularidad de escaparse a la atmósfera cuando está contenido en ciertos compuestos, y de fijarse cuando está en estado libre.

Lavoisier todavía no advertía bien la diferencia entre esta serie de reacciones y las reacciones de combustión; procediendo tentativamente se orienta gradualmente hacia una serie de experimentos que lo conducirán a su primer gran éxito. Sin duda el uso de la lente para concentrar el calor en las calcinaciones que muchos meses antes había realizado con los químicos Macquer, Cadette, Brisson, le sugirió llevar a cabo la calcinación de ciertos metales en un recipiente cerrado y examinar la propiedad del gas al final del experimento.

Lavoisier en el mes de octubre de 1773 abandona la reducción del óxido con el carbón y la descomposición de los carbonatos, objeto de una serie de memorias leídas en la Academia y reunidas en un volumen que lleva el título de *Opúsculos físicos y químicos*, y lleva a cabo una calcinación del plomo bajo campana de mercurio usando una lente para concentrar el calor del sol. Comprueba que una vela se apaga en el gas residual y comprende ya que una parte del aire se ha fijado al metal. Un año más tarde estará en condiciones de conocer la composición del aire atmosférico: pero para ello ha debido multiplicar los experimentos.

El enfoque científico de los experimentos

A comienzos de 1774, Lavoisier repitió un experimento que había sido descripto cerca de cien años atrás por el químico inglés Robert Boyle. Este científico había establecido definitivamente el hecho que había

192 DES SUBSTANCES SIMPLES.

TABLEAU DES SUBSTANCES SIMPLES.

	Noms nouveaux.	*Noms anciens correſpondans.*
Subſtances ſimples qui appartiennent aux trois règnes & qu'on peut regarder comme les élémens des corps.	Lumière	Lumière.
	Calorique	Chaleur. Principe de la chaleur. Fluide igné. Feu. Matière du feu & de la chaleur.
	Oxygène	Air déphlogiſtiqué. Air empiréal. Air vital. Baſe de l'air vital.
	Azote	Gaz phlogiſtiqué. Mofete. Baſe de la mofete.
	Hydrogène	Gaz inflammable. Baſe du gaz inflammable.
Subſtances ſimples non métalliques oxidables & acidifiables.	Soufre	Soufre.
	Phoſphore	Phoſphore.
	Carbone	Charbon pur.
	Radical muriatique.	Inconnu.
	Radical fluorique	Inconnu.
	Radical boracique	Inconnu.
Subſtances ſimples métalliques oxidables & acidifiables.	Antimoine	Antimoine.
	Argent	Argent.
	Arſenic	Arſenic.
	Biſmuth	Biſmuth.
	Cobolt	Cobolt.
	Cuivre	Cuivre.
	Etain	Etain.
	Fer	Fer.
	Manganèſe	Manganèſe.
	Mercure	Mercure.
	Molybdène	Molybdène.
	Nickel	Nickel.
	Or	Or.
	Platine	Platine.
	Plomb	Plomb.
	Tungſtène	Tungſtène.
	Zinc	Zinc.
Subſtances ſimples ſalifiables terreuſes.	Chaux	Terre calcaire, chaux.
	Magnéſie	Magnéſie, baſe du ſel d'Epſom.
	Baryte	Barote, terre peſante.
	Alumine	Argile, terre de Palun, baſe de Palun.
	Silice	Terre ſiliceuſe, terre vitrifiable.

1

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE DE CHIMIE,

PRÉSENTÉ DANS UN ORDRE NOUVEAU ET D'APRÈS LES DÉCOUVERTES MODERNES;

Avec Figures :

Par M. LAVOISIER, *de l'Académie des Sciences, de la Société Royale de Médecine, des Sociétés d'Agriculture de Paris & d'Orléans, de la Société Royale de Londres, de l'Inſtitut de Bologne, de la Société Helvétique de Baſle, de celles de Philadelphie, Harlem, Mancheſter, Padoue, &c.*



A PARIS,

Chez CUCHET, Libraire, rue & hôtel Serpente.

M. DCC. LXXXIX.

Sous le Privilège de l'Académie des Sciences & de la Société Royale de Médecine.

2

1. *Tabla de las substancias simples donde aparecen también los nombres antiguos, del* Tratado elemental de química, *París, Biblioteca Nacional.*

2. *Portada de la primera edición del* Tratado de Lavoisier, *publicada en París en 1789. París, Biblioteca Nacional.*

llamado ya la atención de muchos observadores, a saber, que los metales aumentan de peso al ser calcinados en el aire. Hacia el mes de enero de 1773 D'Arcet y Rouelle habían retomado la experiencia sin sacar conclusiones nuevas. Lavoisier en cambio renovó por completo su significado. Ésta es la primer gran demostración donde la experiencia está predeterminada totalmente.
En febrero de 1774 provoca la calcinación de una cierta cantidad de plomo y estaño en ampollas cerradas al calor, después de haber pesado cuidadosamente la cantidad de metal usada y los recipientes cerrados antes de exponerlos al fuego. Los pesa luego al final del experimento y no comprueba ninguna variación de peso total. Así, en contra de la opinión corriente, el fuego no ha cedido ninguna materia pesada al metal a través del vidrio. Al abrir la ampolla siente el soplo del aire que penetra al interior, pesa y anota el aumento de peso que es igual al de los metales usados en el experimento, que luego pesará por separado; ahora está en condiciones de afirmar que el aumento de peso de los metales calcinados proviene de una parte del aire atmosférico que se ha fijado sobre estos metales. Queda por identificar todavía esta parte de aire que algunas observaciones podrían hacer confundir con el gas carbónico.
A diferencia de lo que hubieran hecho otros, Lavoisier se cuida muy bien de extraer por analogía conclusiones apresuradas: se ha impuesto como regla no admitir nada que no hubiese sido demostrado por la observación directa. Para avanzar en sus descubrimientos, necesita un medio más adecuado que la calcinación del plomo o estaño. En el mercurio encontrará el material ideal.

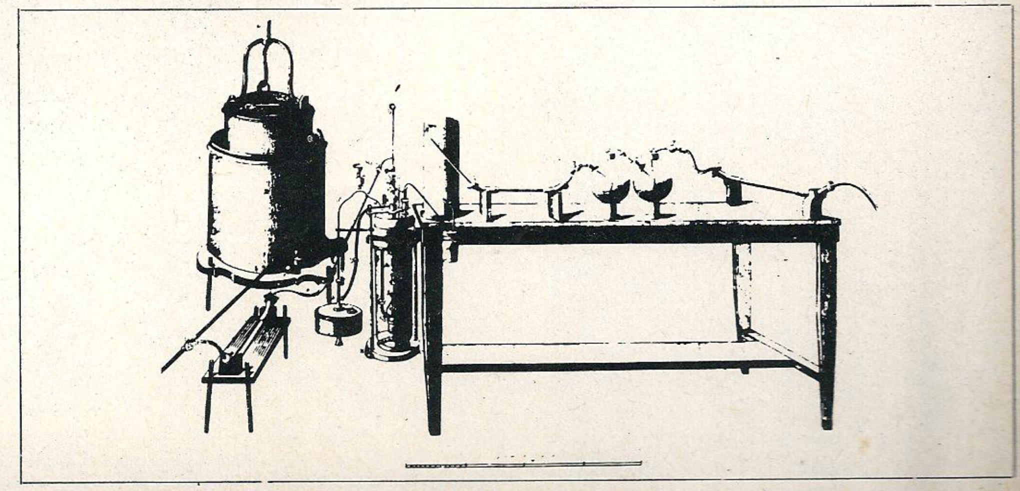
El descubrimiento del "aire vital"

Su atención se fija en el mercurio gracias a los trabajos realizados en 1774 por otros dos químicos. Por una parte el farmacéutico militar Bayen publicó dos memorias en donde se describen experimentos sobre sales de mercurio descompuestas y transformadas en óxido y sobre la propiedad de este óxido de descomponerse con el calor.
Sin embargo, recibirá las noticias más importantes del inglés Joseph Priestley. Al calentar el óxido rojo de mercurio bajo una campana invertida, Priestley recogió el primero de agosto de 1774 un gas que, como comprueba con asombro, mantiene la combustión. Se trata del oxígeno.
En el transcurso de los meses siguientes Priestley visitó París y vio a Lavoisier; en octubre le habló de sus experimentos con óxido de mercurio, que recibía el nombre de precipitado *per se*, porque se formaba sobre la superficie del mercurio cuando se lo calentaba. Según algunos, Priestley repitió sus experimentos en presencia de Lavoisier; pero Priestley mismo nunca lo confirmó pese a haber elevado vehementes protestas de prioridad contra el colega francés.
De todos modos, Lavoisier por razones que desconocemos, parece haber esperado hasta febrero de 1775 para experimentar a su vez con el precipitado *per se*. El 8 de marzo, Priestley comprobó que el gas liberado por el óxido rojo de mercurio permitía la respiración. El 24 de marzo, Lavoisier depositaba en la Academia un pliego sellado con los experimentos y las observaciones sobre la naturaleza de los diferentes "fluidos elásticos" y en particular sobre el que se libera de los metales por la reducción. Al mes siguiente efectuó una serie de experimentos que le permitieron indudablemente aclarar en forma precisa la diferencia entre el gas carbónico, el hidrógeno, el oxígeno y el nitrógeno y el 26 de abril leía ante la Academia la primera de sus memorias célebres: *Sobre la naturaleza del principio que se combina con los metales.*
En seis meses aproximadamente, Lavoisier había encontrado la clave del enigma, obteniendo así uno de los primeros resultados que había intentado alcanzar. Llamaba al oxígeno, aire vital; y al nitrógeno, exhalación residual porque se trataba del gas que quedaba en la campana de mercurio después de la calcinación o después de que un pájaro hubiera respirado allí adentro. Priestley, que estaba en posesión de los mismos resultados y que hasta los había comunicado antes a la *Royal Society* de Londres, había denominado a los dos nuevos gases: aire deflogisticado y aire flogisticado. Los dos sistemas comienzan a enfrentarse desde ese momento. Lavoisier, que no saca conclusiones que vayan más allá de lo que ve y mide, ha adoptado el nombre de "aire vital". Es decir, un gas diferente del aire atmosférico y diferente de aquella exhalación residual que constituye los cuatro quintos del aire atmosférico. Además, lo probará mediante el análisis y la síntesis del aire utilizando la propiedad del mercurio de fijar el oxígeno en el precipitado *per se* rojo y la propiedad de este último de descomponerse al estar sometido a una temperatura más elevada y de liberar el oxígeno. Y este célebre experimento, descripto en todos los tratados de química durante más de un siglo, fue realizado en abril de 1776.
En efecto, necesitó algo más de un año para estudiar completamente las propiedades del oxígeno después de haberse convencido de la naturaleza compuesta del aire. Pero, sobre todo, necesitó haber realizado muchísimas experiencias y dominar el elegante procedimiento del análisis y la síntesis del aire para intentar vencer el escepticismo de los otros químicos.
En efecto, el sistema tradicional es muy sólido y las denominaciones adoptadas por Priestley así lo revelan. El gas que permite la respiración y la combustión es para él y para todos los químicos excepto Lavoisier, no una parte del aire atmosférico, sino ese mismo aire privado de su flogisto, en tanto que el nitrógeno es también aire, pero provisto de flogisto. El hecho que la mezcla de los dos gases reconstituya el aire atmosférico no parece una prueba contra la naturaleza de elemento simple del aire mismo; con la mezcla volvería al estado normal sin que sea necesario pensar que los elementos simples sean los componentes.
El flogisto era considerado por naturaleza imponderable e inatrapable y, por lo tanto, no sorprendía que no pudiera observarse el pasaje del mismo.
Priestley permanecerá unido a estas concepciones tradicionales durante toda la vida, aún después de 1789, fecha en que el sistema de Lavoisier llegará a ser aceptado por la mayoría. Sus últimos escritos estarán dedicados a combatir una teoría ya universalmente aceptada.
Pero en 1775-76 todavía Lavoisier es el único que piensa que el flogisto no sólo es una teoría inútil sino que es un obstáculo: al mismo tiempo que confirma con sus experimentos renovados la teoría de la combustión y de la respiración, extiende su punto de vista a otros fenómenos y comienza a crear las bases para una teoría completa. Para este fin se dedica a reunir hechos generales acerca de la composición de los ácidos y el motor principal de estas nociones nuevas ha de ser el oxígeno.
En 1776 estudia cómo se forma y se descompone el nitrato de mercurio. El metal es atacado por el ácido nítrico, se separa la sal y se la calcina; esto da lugar al óxido y a gases nitrosos. Se descompone el óxido por el calor y se vuelven a encontrar el metal y una parte del oxígeno. Al poner el gas nitroso en presencia del oxígeno, Lavoisier reconstituye el ácido nítrico. Se trata de uno de sus experimentos más elegantes, perfectamente completado, conducido de manera lógica y también esta vez sin que nada quede indeterminado.
Ha de repetir este experimento con el ácido fosfórico, luego con el ácido sulfúrico, demostrando que las sales correspondientes están formadas por los óxidos metálicos unidos al radical ácido. Podrá así aclarar completamente la naturaleza del gas carbónico, su composición, el papel que desempeña en la formación de los carbonatos. De este modo fue inducido a colocar el oxígeno como centro de su sistema, y a hacer de él el eje de todas las reacciones químicas.
Las reacciones que entonces se conocían eran las de los compuestos minerales, es decir, las oxidaciones y las reducciones, las neutralizaciones de los ácidos por medio de las bases y los intercambios de bases con las soluciones salinas; además, las oxidaciones más o menos controladas y las pirogenaciones de las sustancias orgánicas.
Lavoisier demostró que la transformación de los metales en cales, la transforma-

1

1. Gran aparato para el estudio de la combustión de los aceites construido por Nicolás Fortin en 1788.
París, Conservatoire National de Arts et Métiers.

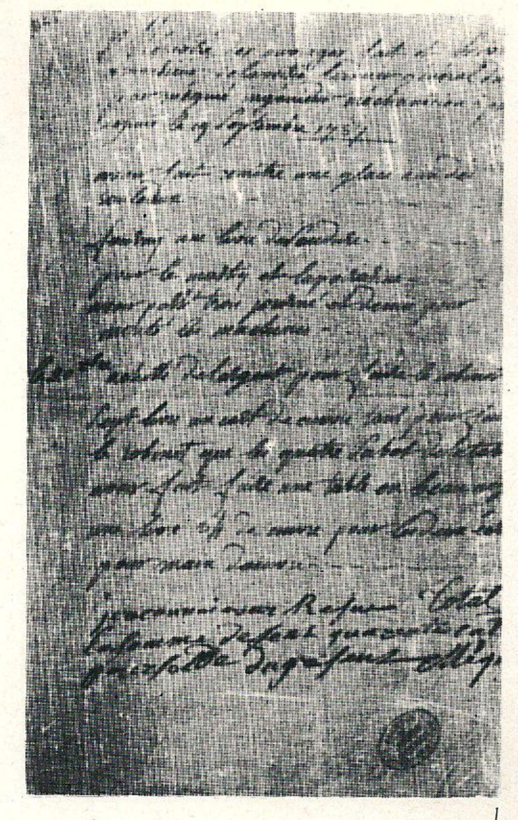
2. Lámina del Tratado elemental de química, *dibujada por la esposa de Lavoisier: el aparato de Fortin para el estudio de la combustión de los aceites.*



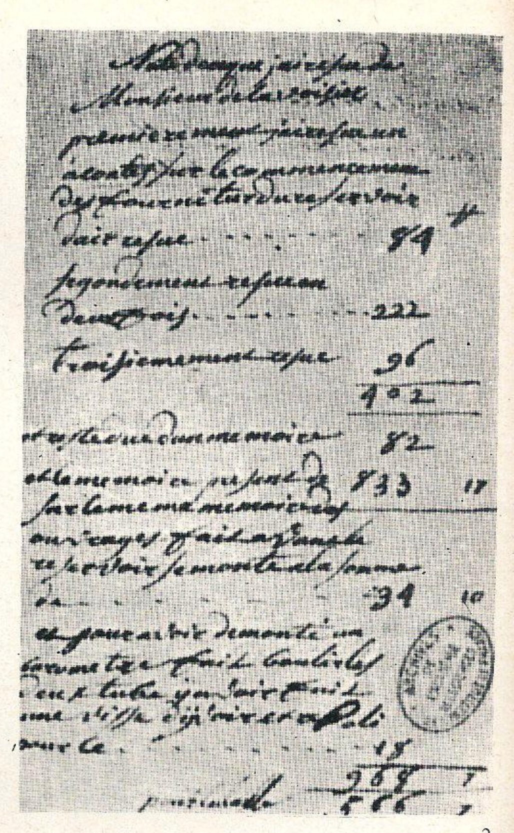
2

1, 2, 3, 5. Algunas facturas y recibos de pagos de los proveedores de instrumentos científicos de Lavoisier.

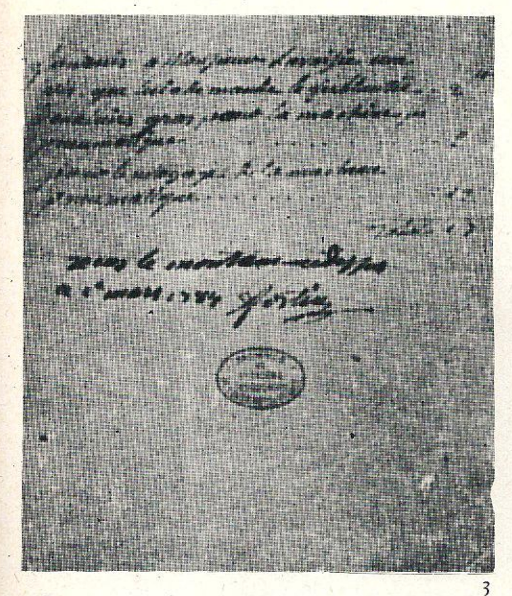
4, 6. Láminas dibujadas por la esposa de Lavoisier para el Tratado elemental de química*: en la primera, aparato para estudiar la fermentación pútrida; en la segunda, a la izquierda, cubeta y gasómetro, a la derecha, aparato para estudiar la combustión de los aceites.*



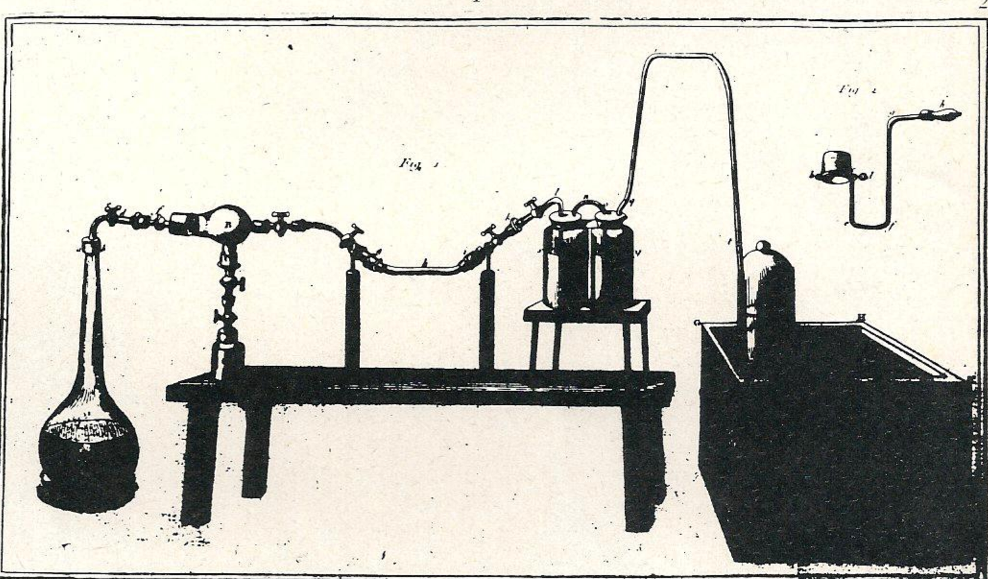
1



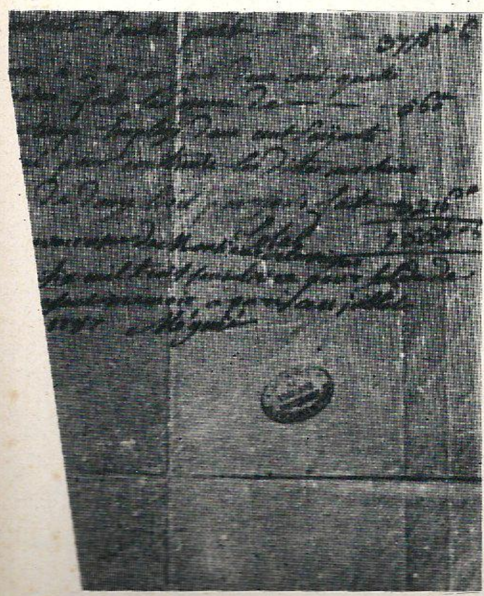
2



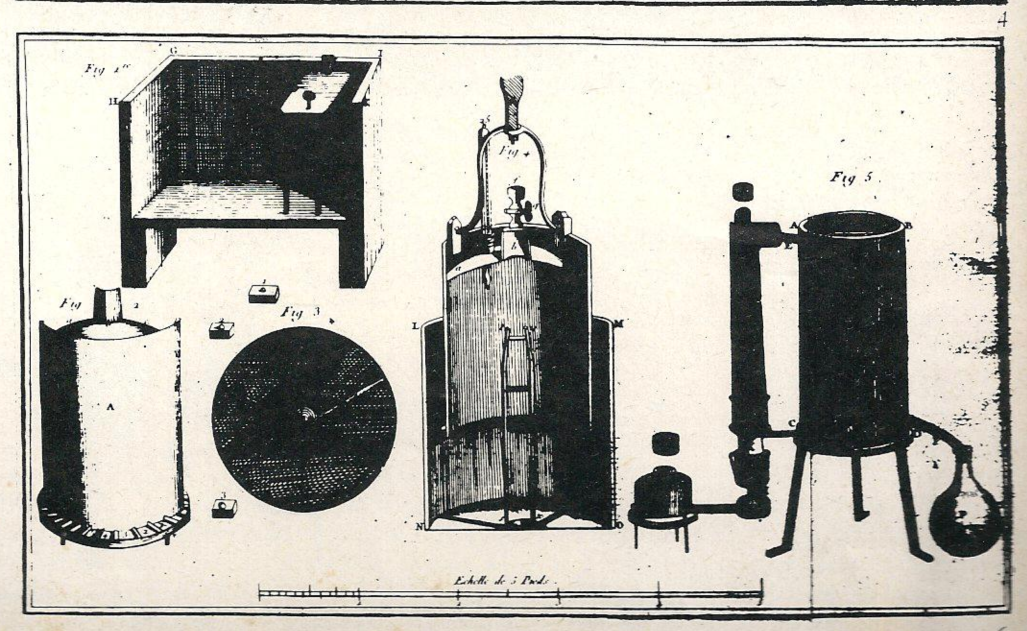
3



4



5



6

ción de los metaloides (el término no se usaba todavía ni existían equivalentes) en ácidos se debía a una combinación del cuerpo combustible con el oxígeno.

El descubrimiento de la formación del bióxido de nitrógeno por medio de la chispa eléctrica, hecho por Cavendish en 1785, vino a confirmar y a completar esa teoría que Lavoisier quiso extender, pero equivocadamente, a los ácidos conocidos de los halógenos: el ácido clorhídrico y el ácido fluorhídrico, cuyas bases debían estar constituidas según él por un elemento desconocido oxigenado. Por ejemplo, el cloro no era un cuerpo simple, sino una combinación de oxígeno y de un elemento imposible de aislarse con los medios entonces conocidos.

Con la extensión de la teoría de los ácidos oxigenados a aquellos que no poseían oxígeno, Lavoisier cedió a una legítima aspiración a un sistema. Y sin embargo fue más allá de sus principios de no afirmar nada que no estuviese demostrado por la experiencia. El químico inglés Humphry Davy descubrirá la naturaleza exacta de los ácidos halogenados y de sus sales, sólo después de la invención de la pila eléctrica por Volta.

Lavoisier reveló cómo, en lo profundo, adhería al sistema filosófico que explicaba la constitución de la materia haciendo intervenir principios no aislables, en otro tema que estudió a fondo, y que no era de los menos importantes; se trata de su teoría del calor y de la teoría de los gases. En el sistema que construyó en 1775 y en 1780, Lavoisier atribuye el papel preponderante no al oxígeno en sí mismo, sino al "principio" de este gas, el "principio oxigenado". Comenzará a usar esta expresión hacia 1780, pero para comprender qué significado atribuía al principio de los gases es necesario referirse a su concepción acerca del calor.

El calor

En 1782 y 1784, Lavoisier realizó con Laplace, importantísimos trabajos de calorimetría. Había inventado un calorímetro de hielo que utilizó durante dos inviernos sucesivos para medir los intercambios de calor entre cuerpos llevados a temperaturas diferentes y la liberación de calor en las reacciones químicas y en actos vitales tal como la respiración. Después de los trabajos de Black, los de Lavoisier y Laplace permitieron establecer en forma definitiva la calorimetría sobre bases científicas. En particular estos dos científicos definieron la unidad de calor según un principio que no sufrió cambios.

Pero los dos no dieron la misma interpretación de los fenómenos caloríficos y en sus memorias respectivas cada uno de ellos enunció la suya. Para Laplace el calor era un fenómeno cuyos efectos se podían calcular como los de las fuerzas mecánicas. Tales concepciones triunfarían medio siglo después gracias a los trabajos de Fourier Lavoisier pensaba de un modo completamente distinto.

El calor, o más exactamente el calórico, al igual que la luz y de un modo menos preciso la electricidad, continuó siendo para él un elemento fundamental de la naturaleza. Los diversos estados de la materia se debían a la cantidad de calor encerrada en los cuerpos. Así, el vapor acuoso o el oxígeno no eran otra cosa que el agua o el principio oxigenado asociados a una gran cantidad de calórico. La pérdida de calor que se manifestaba sea en la condensación del agua, sea en la unión de un cuerpo combustible con el oxígeno, hacía que el cuerpo perdiera su estado gaseoso. Lavoisier tomó en cuenta los cambios que se producirían en la atmósfera terrestre por grandes variaciones de temperatura; preveía que un descenso suficiente de la temperatura permitiría obtener el oxígeno líquido, o sea, el principio oxigenado mismo, lisa y llanamente, el oxígeno. Si bien esta teoría de los gases, que introducía un fluido llamado calórico del cual no se sabía con seguridad si era sustancia o principio imponderable, no introdujo ningún error fundamental en el sistema en su conjunto, de todos modos nos permite comprender lo difícil que es, aun para una inteligencia superior, liberarse por completo de los principios tradicionales de su época.

La teoría neumática se impone

Lavoisier enunció tardíamente en forma completa esta teoría del calor y del gas, la que por otra parte no constituía más que un complemento de su teoría química general y al no atacar ninguna posición tradicional no fue objeto de discusiones. No ocurrió lo mismo con su teoría de la oxidación y de la composición de los ácidos. Siete u ocho años después de haber comenzado sus investigaciones, Lavoisier poseía un sistema químico coordinado que todavía necesitaba completarse y sobre todo consolidarse, pero que ya había escandalizado los ambientes científicos. El escándalo era causado porque Lavoisier no tomaba en cuenta al flogisto para explicar sus experimentos, aunque todavía no hubiese atacado deliberadamente esta teoría. El término flogisto no aparecía nunca ni en sus comentarios ni en la terminología nueva que había creado. Una omisión tal, el no considerar decididamente esta teoría ya era suficiente para impresionar a los químicos que leían sus memorias. El conformismo con que éstos protegían su seguridad se revela claramente en una carta que Macquer escribió a Guyton de Morveau el 15 de enero de 1778 después de haber leído una de las primeras memorias de Lavoisier, la memoria sobre la combustión, en que éste afirmaba combativamente: "Por otra parte, puesto que voy a combatir la doctrina de Stahl con una serie de experiencias, las objeciones que haré contra esta teoría se dirigirán también a la pretendida flogisticación del aire de Priestley".

Macquer le escribía a Guyton de Morveau: "Desde hace tiempo Lavoisier me amenazaba con un gran descubrimiento que conservaba *in petto* y que no haría menos que derrocar la entera teoría del flogisto o del fuego combinado; su aire convencido me aterrorizaba; ¿qué deberíamos hacer con nuestra vieja química, si hubiéramos tenido que construir un edificio totalmente distinto? Por mi parte, confieso que hubiera abandonado la partida. Afortunadamente, Lavoisier reveló su descubrimiento; confieso que desde entonces me sentí muy aliviado".

Decidido a tranquilizarse, Macquer había evitado cuidadosamente profundizar el pensamiento de Lavoisier. Por otra parte, ningún químico europeo estaba en condiciones de comprender la importancia de las novedades que habrían de anunciarse. Se obstinaban en ver en las ideas de Lavoisier sólo una tentativa de teoría como tantas que se habían planeado desde el comienzo del siglo que habían desaparecido sin conmover la integridad del flogisto.

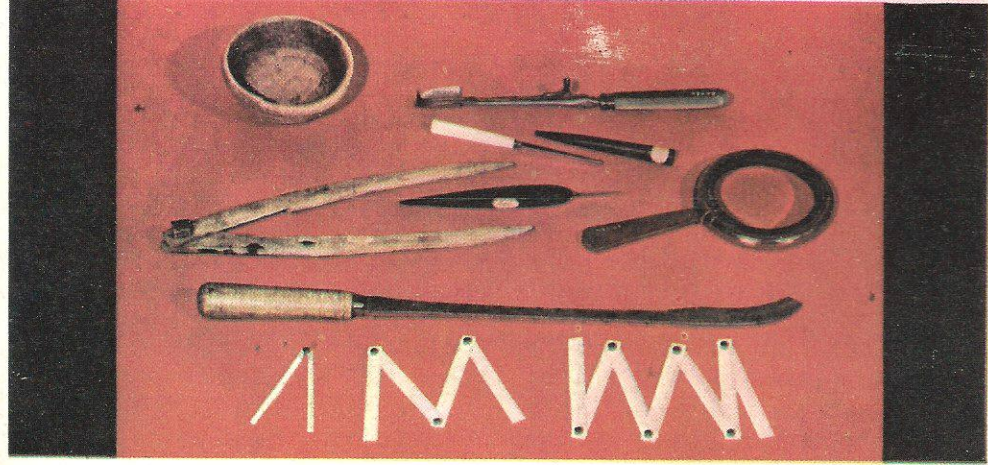
Y Macquer era con todo uno de los más abiertos a los posibles cambios. Propuso la introducción de ciertos cambios a la teoría del flogisto tomando en consideración los aportes de Lavoisier. Murió demasiado pronto (en 1784) para aceptar la teoría neumática, pero no hay duda que de haber sido más joven hubiera terminado por hacerlo. Su corresponsal, Guyton de Morveau, abogado general del Parlamento de Dijón, practicaba la química como pasatiempo y había adquirido cierto renombre entre los hombres de ciencia. En 1786 se convertiría bruscamente al nuevo sistema después de asistir a algunas sesiones en el Laboratorio del Arsenal y habría de participar en la formación de la nomenclatura química moderna. Puede verse así qué salto, espantoso para los tímidos, debían hacer los químicos empujados por Lavoisier.

Éste procedió con prudencia antes de atacar directamente la teoría del flogisto. Había tomado como punto de partida el estudio de fenómenos muy limitados, el desprendimiento y la fijación de gases poco conocidos o aún desconocidos, y en unas pocas reacciones, se encontró en presencia de resultados de los que había previsto la importancia, sin sospechar su naturaleza. Poseía ya un esquema de la teoría sin haber hecho intervenir los datos de la química de Stahl.

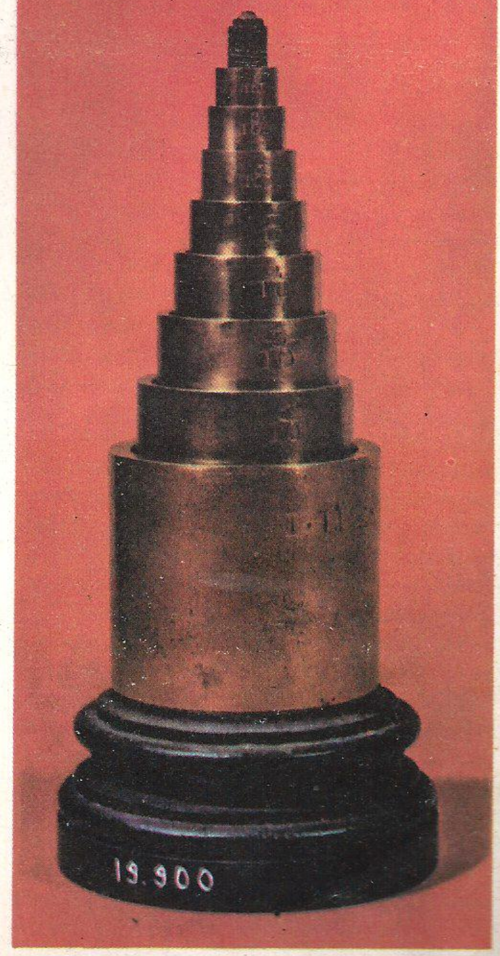
Siempre había mantenido con respecto al flogisto una actitud escrupulosa. Habría conservado esa doctrina si hubiese descubierto la más mínima justificación para hacerlo y la mayor parte de sus contemporáneos estaban dispuestos a aceptar reacondicionamientos, aún radicales, a condición de que se respetaran los términos fundamentales, y por lo tanto su espíritu.

Pero la teoría del flogisto no le había pro-

1



2



3

1. Algunos areómetros de plata y de vidrio y una ampolla que contiene mercurio para llenar los barómetros. París, Conservatoire National des Arts et Métiers.

2. Instrumentos pequeños de laboratorio. París, Conservatoire National des Arts et Métiers.

3. Pesas de una libra (sistema antiguo) y sus subdivisiones decimales. Lavoisier hizo realizar esta división de la libra en submúltiplos decimales por Fourché, constructor y encargado de balanzas, de la Casa de la Moneda. París, Conservatoire National des Arts et Métiers.

porcionado ninguna ayuda para explicar los hechos que había observado, se había vuelto inútil, y además había demostrado ser un obstáculo porque ocultaba la interpretación correcta de los hechos a quienes le seguían siendo fieles. Por lo tanto, se decidió a expresar claramente su opinión. Se había convencido de sus ideas probablemente desde mediados de 1775 o comienzos de 1776. Pero esperó todavía para refutarla, aunque el sólo hecho de no haber tomado en cuenta nunca los principios de Stahl permite no dudar de su pensamiento.

En 1777 pronunció los primeros ataques contra el sistema del flogisto y la parte principal de su demostración aparece en la memoria *Consideraciones sobre el flogisto*, que no fue leída en la Academia hasta el 29 de junio de 1785.

No se trataba únicamente de una batalla de palabras; no era lo mismo explicar el mismo hecho diciendo que se cedía flogisto o, por el contrario, que se absorbía oxígeno; se hacía uso del flogisto no sólo para dar cuenta de los fenómenos de combustión sino para explicar todas las reacciones químicas y fisiológicas, por lo menos aquellas que habían sido objeto de los principales estudios de Lavoisier.

Puede decirse que Lavosier había perseguido al flogisto paso a paso y nunca lo había encontrado y que esta búsqueda había dado ricos frutos al eliminar varias ideas heredadas desde los tiempos inseguros de la alquimia. De este modo, tras la batalla de palabras, tuvo alrededor de 1790 una lucha que comprendía la entera filosofía química.

Renunciar al flogisto significaba admitir que el oxígeno, el azufre, el fósforo, el carbón, los metales eran elementos simples. Este concepto era totalmente contrario a lo que se admitía desde los tiempos más lejanos e implicaba el rechazo de los principios específicos que daban a las sustancias sus propiedades físicas y químicas respectivas. Con diferentes denominaciones, estos principios no aislables, transmisibles por simple contacto, por mezcla, por combustión o descomposición, le otorgaban a las sustancias no solamente la propiedad ácida o alcalina, la de quemarse, la de producir efervescencia, la de disolverse, sino también la de condensarse y evaporarse; también le daban el color, la consistencia, la liviandad o el peso. Si por estar tan alejados del espíritu de esta filosofía tradicional de la ciencia, nos cuesta comprender que los químicos de la segunda mitad del siglo XVIII se hayan revelado tan apegados a esas concepciones, no nos ha de resultar sorprendente que los matemáticos, los físicos y los astrónomos hayan sido los primeros científicos de la época que la hayan abandonado. La doctrina de Lavoisier extrae la esencia de su carácter revolucionario de la noción de elemento. De este modo, entre 1777 y alrededor de 1783 se sucedieron una serie de memorias que provocaron discusiones ásperas. Lavoisier continuaba defendiendo solitario sus teorías y todavía debía cumplir muchos pasos dentro de la química de los gases, para conducir a la ciencia de la química de los principios hasta la de los elementos. La etapa siguiente fue el análisis del agua. El agua, uno de los cuatro elementos tradicionales, era considerada un cuerpo simple en la filosofía aristotélica. En pocos años, el problema de su composición alcanzó gran notoriedad, como la había alcanzado antes el de la descomposición del aire atmosférico.

El agua es un compuesto

Aunque desde hacía algunos años se conocía el aire inflamable, el hidrógeno, nunca se había recogido e identificado el producto de su combustión que se perdía en la atmósfera. En 1777, Macquer fue el primero que comprobó que, si al quemar el aire inflamable de una botella se introducía en la llama una superficie fría, se formaban algunas gotitas de un líquido incoloro bastante semejante al agua. Pero esta observación pasó entonces inadvertida y nadie la retomó para extraer las consecuencias.

A Lavoisier le preocupaba el producto de la combustión del hidrógeno. Según las teorías que comenzaba a defender, el hidrógeno, que no era un metal, al quemarse debía producir un ácido. Durante un cierto tiempo se preguntó si no se trataría del ácido vitriólico, es decir, sulfúrico, o del ácido carbónico. Al quemar un chorro de aire vital dentro de un frasco lleno de aire inflamable, en presencia de agua de cal, comprobó con sorpresa que no se formaba ningún ácido. La experiencia estaba preparada de modo tal que no se podía distinguir la formación del agua. De este modo, los químicos durante algunos años pasaron junto a la verdad sin verla y, sin embargo, se conocía el uso del hidrógeno para obtener una llama caliente. En 1782, Lavoisier hizo construir dos gasómetros constituidos por dos campanas cúbicas de hierro blanco suspendidas sobre vasos llenos de agua, para alimentar un tubo de hidrógeno cuya llama se reavivaría con el oxígeno. La idea se la había dado el presidente del Parlamento, Bochard de Saron. Después de muchos meses de tentativas para regular la llegada de los dos gases al soplete de combustión, Lavoisier logró fundir platino en el mes de marzo de 1783. Durante todas estas pruebas había quemado hidrógeno infinidad de veces sin sospechar que siempre había una producción de agua.

También esta vez, la revelación del hecho le llegó de Inglaterra en el mes de junio. Durante una reunión amistosa de hombres de ciencia en el laboratorio del Arsenal, uno de los huéspedes extranjeros, Blagden, secretario de la *Royal Society* de Londres, anunció que su compatriota Henry Cavendish había obtenido agua al quemar aire inflamable en recipientes cerrados. Lavoisier repitió inmediatamente la experiencia. Por otra parte, no sabemos si esto ocurrió después de haber escuchado la información de Blagden o, si por el contrario, el hombre de ciencia inglés quiso defender los derechos de prioridad de Cavendish mencionando sus trabajos inmediatamente después del experimento de Lavoisier.

Lo que es seguro es que el 24 de junio de 1783, Lavoisier tuvo por vez primera la idea de llevar a cabo la combustión bajo una campana vacía, de medir los volúmenes de gases empleados, de pesar la cantidad de agua recogida. En realidad, esta primera prueba no lo convenció. En su cuaderno de notas, escribió: "Como resultado total obtuve dentro de la campana 2 adarmes y 33 granos de agua pura que no reaccionaba a la tintura de tornasol... hubiera debido obtener 1 onza, 1 adarme y 12 granos de agua. Por lo tanto, hay que suponer sea la pérdida de las dos terceras partes del agua o una pérdida de peso."

Por nuestra parte, podemos suponer que hubo una pérdida de gases a causa del cierre imperfecto del recipiente, o que la combustión no absorbió todos los gases porque no estaban en las proporciones adecuadas o bien, todavía, que los gases no estaban en estado puro y por ejemplo contenían un alto porcentaje de nitrógeno.

Esto nada resta a la prontitud de Lavoisier. Expectante, desde hacía tiempo, comprendió en seguida la importancia del problema mayor de lo que nunca hubiera previsto, y el interés que revestía el verificarlo rápidamente; tenía a su disposición todo lo necesario para ejecutar las experiencias en las mejores condiciones, a diferencia de lo que sucedía con sus colegas. También es digna de destacar la conclusión que sacó. En efecto, al día siguiente, 25 de junio, en una comunicación que hizo a la Academia en su nombre y en el de Laplace, afirmaba: "El agua no es una substancia simple, se compone siempre de aire inflamable y de aire vital."

Si se compara esta afirmación con la inseguridad de los resultados obtenidos el día anterior, se debe admitir que Lavoisier tuvo una intuición y que superó valientemente los datos experimentales todavía tan endebles. Indudablemente, discutió el problema con Laplace, y éste, que nunca había sido partidario del sistema del flogisto, ayudó a Lavoisier a llegar a la conclusión que se expresó después a la Academia. El papel de Laplace en este episodio no es pequeño: el informe de la Academia comienza así: "Los señores Lavoisier y Laplace anunciaron que han repetido últimamente, en presencia de varios hombres de la Academia, la combustión del aire combustible con el aire deflogisticado..." Ahora bien, en las anotaciones de laboratorio del 24 de junio, Laplace es sólo citado como un asistente entre muchos.

A pesar del tono afirmativo del final de esta comunicación, el problema de la com-

posición del agua todavía no estaba totalmente resuelto. Poco después, en agosto, se supo que un físico, profesor de *l'Ecole du Génie* de Mézieres, Gaspard Monge, había realizado una observación similar casi contemporáneamente con Lavoisier. Al encender una mezcla de hidrógeno y oxígeno mediante una chispa eléctrica, Monge había observado también él que la deflagración había producido una cierta cantidad de agua.

Pero, de los tres experimentadores, Cavendish, Monge, Lavoisier, sólo este último logró extraer una conclusión exacta de sus observaciones. Cavendish se basó en la interpretación general que derivaba de la teoría clásica: el aire deflogisticado, al unirse al hidrógeno, que algunos consideraban como flogisto al estado puro, recuperaba su flogisto y retomaba la naturaleza del agua, que seguía siendo considerada un cuerpo simple. Con esto se volvía a las argumentaciones y demostraciones que habían provocado el rechazo de la teoría de Lavoisier sobre la composición del aire.

Se iniciaron luego las nuevas ásperas discusiones sobre el nuevo problema, a las que se agregaron, como en el caso del aire atmosférico, las reivindicaciones de prioridad, esta vez a favor de Cavendish, en tanto que las precedentes lo habían sido en favor de Priestley. Sin embargo, en este último caso, los derechos de Cavendish no fueron siempre defendidos con absoluta lealtad.

Monge, en cambio, nunca compitió con Lavoisier. Era fundamentalmente un matemático, físico en ocasiones, y se contó entre los primeros partidarios de la química neumática, es decir, de la química que se basaba en las propiedades de los gases, y estuvo entre los que entre 1785 y 1789 lucharon para imponerla.

Un acontecimiento histórico favoreció las investigaciones de Lavoisier sobre la composición del agua. En 1783 los hermanos Montgolfier lanzaron por primera vez aquellos globos de género llenos de aire caliente que recibieron su nombre. Al físico, Charles, se le ocurrió llenar la mongolfiera de hidrógeno y la Academia de Ciencias decidió encargar a la clase de química en su totalidad el estudio del mejor medio para preparar este gas.

Durante meses, la actividad de los químicos fue frenética. Laplace comunicó a Lavoisier la idea de que el hidrógeno liberado por la acción de los ácidos sobre los metales se debía a la descomposición del agua contenida en los ácidos. Esto indujo a Lavoisier a estudiar la descomposición del agua por medio del hierro incandescente. Durante más de dos años habría realizado largas investigaciones sobre este problema con un oficial del *Génie* que se interesaba por la química y por la matemática, Jean Baptiste Meusnier. Lavoisier hizo construir dos gasómetros que permitían medir los volúmenes de gases y modificar la temperatura y la presión de un modo más preciso que con los primeros gasómetros simples que ya poseía.

Después de una serie de memorias sobre la descomposición del agua mediante el hierro, que leyó en la Academia con Meusnier, Lavoisier llegó a la más hermosa experiencia realizada por él y que se cuenta entre las más grandes experiencias científicas del siglo. En el laboratorio del Arsenal, en presencia de todos los químicos de la Academia y de algunos matemáticos, Lavoisier y Meusnier procedieron a la descomposición de una cantidad conocida de agua que se hacía gotear en un caño de fusil lleno de limaduras de hierro calentado hasta la incandescencia. Se recogía y se medía el hidrógeno y se determinaba la cantidad de oxígeno que el hierro fijaba al estado de óxido. Se demostró así que el agua al descomponerse había producido solamente oxígeno e hidrógeno. Realizado ya el análisis, se procedió a la síntesis del agua: un globo que había sido pesado precedentemente y en el que se había hecho el vacío, se llenó de oxígeno y se le hizo llegar una corriente de hidrógeno que se quemaba con una chispa eléctrica. Los dos gases fueron proporcionados mediante dos gasómetros el tiempo suficiente para que se formase una cantidad de agua medible. La experiencia, las verificaciones y los análisis complementarios duraron desde el 28 de febrero hasta el 12 de marzo, fecha en que los comisarios de la Academia firmaron el informe.

Este gran experimento logró convencer a la mayoría de los hombres de ciencia; las bases mismas de la química peripatética eran irreparablemente destruidas; quedaba libre el lugar para un sistema nuevo que había llegado el momento de fundamentar sobre una estructura orgánica.

En efecto, Lavoisier había multiplicado las memorias, había expuesto los diversos principios sobre los que podía edificarse un sistema coherente de la nueva química, pero siempre tenía en su contra la actitud hostil de casi todos los químicos del mundo entero. Éstos no veían todavía a dónde se llegaría y no aceptaban renunciar a una teoría, la del flogisto, que aunque había sido sacudida continuaba proporcionando un lenguaje conocido. La exclamación de Macquer que se preguntaba a dónde se llegaría una vez destruida la vieja química, expresaba todavía en 1786 y 1787 la posición de todos los químicos. Sólo algunos químicos franceses se habían aliado y habían aceptado lo que ya se comenzaba a llamar la química neumática.

En un principio tres químicos de los de mayor renombre fueron los únicos partidarios de Lavoisier: Chaptal que era profesor en Montpellier, Fourcroy que enseñaba en el *Jardin du Roi* y Berthollet que era el médico oficial del conde de Artois. Poco tiempo después, se les unió Guyton

1. Acta del interrogatorio de Lavoisier por el tribunal revolucionario con las firmas de Fouquier-Tinville y de Lavoisier.

2, 3, 4. Inventario del laboratorio de Lavoisier hecho por las autoridades revolucionarias después del arresto del hombre de ciencia.

5. La última página del inventario con las firmas de Charles, Fortin, Lenoir.

1

Physique

Inventaire et estimation des Instrumens de Physique du Cabinet de Lavoisier

2

remis au Dépôt par Le Cit. Fortin

1 Deux Loupes de verre de 16. pouces sans monture

2. une Lunette acromatique à tuyau en cuivre, non terminée. cette Lunette avoit été commencée par rebours. elle est sans tuyau oculaire.

Charles.

Je soussignée reconnais avoir reçu du citoyen Charles les objets détaillés dans l'inventaire ci-dessus. Paris ce quatre frimaire an trois

Paulze veuve Lavoisier

3

P B.C

Inventaire des Instrumens de Physique et de Chymie du Cabinet de Lavoisier cy devt fermier général et de l'académie des Sciences, Boulevard de la Madeleine

8000# 1. Grand Gazometre avec ses accessoires et dépendances, exécuté par Meignier Le Jne
Nª Pour les détails et l'intelligence de cet instrument capital et précieux il faut consulter les élémens de chymie de Lavoisier, ainsi que pour les 4. suivans.

1600 {
2. Grand appareil pour la combustion des huyles
3. appareil pour les fermentations très compliqué.
4. appareil pour la combustion de l'esprit de vin.
}

600 5. Deux Calorimetres; avec Lampes en fer blanc.

800 6. Grande machine Pneumatique à 2 Corps de Pompe par Fortin avec Barometre d'epreuve et une platine de rechange

7. Deux très grands Ballons à mettre l'air

8. Grandes Balance de Laboratoire

9 Cinq Récipients à douille et trois à Bouton.

10. Vingt Thermometres dont six à esprit de vin.

11 Barometre de Crosy monté en acajou, mais en mauvais état l'air rentre dans le tube.

4

119. Pendule de Rivas boîte peinte en verd propre à être accrochée à la muraille

120. Pendule à secondes excentriques dans sa boëte de bois noir

121. Grande Balance dont le fleau a trois pieds de long avec une paire de grands bassins en cuivre, une paire de plateaux de verre de 5. pouces de diametre, un autre plateau en verre; cette balance est dans une cage en bois d'acajou — 2200

122. une Balance à fleau de 18. pouces de long propre à peser au plus deux marcs avec une paire de bassins en verre, dans une cage de bois plaqué — 800

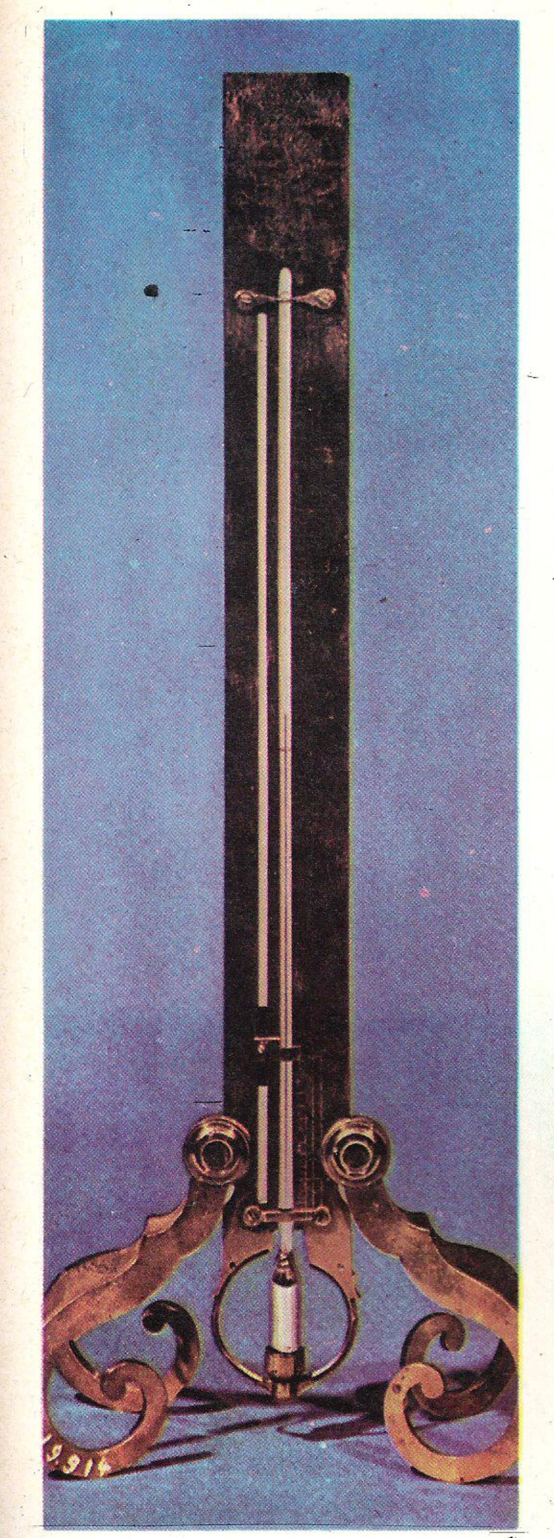
123. autre Balance pour les petites pesées de dix pouces de fleau avec une paire de bassins en verre sous une cage de verre — 500.

Nª ces trois balances sont déposées à la Commission des poids et mesures.

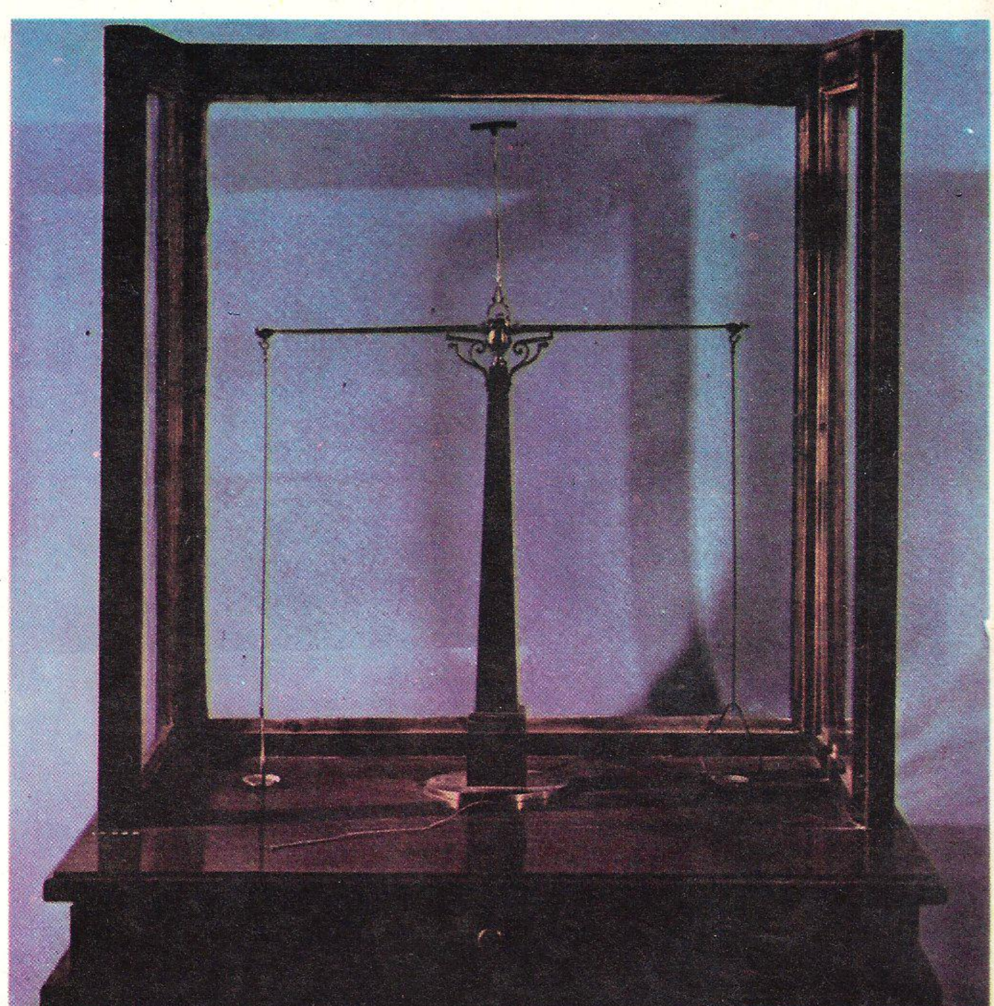
à Paris Le Vingt Brumaire de l'an trois de la République française une et indivisible. Charles. Fortin Lenoir

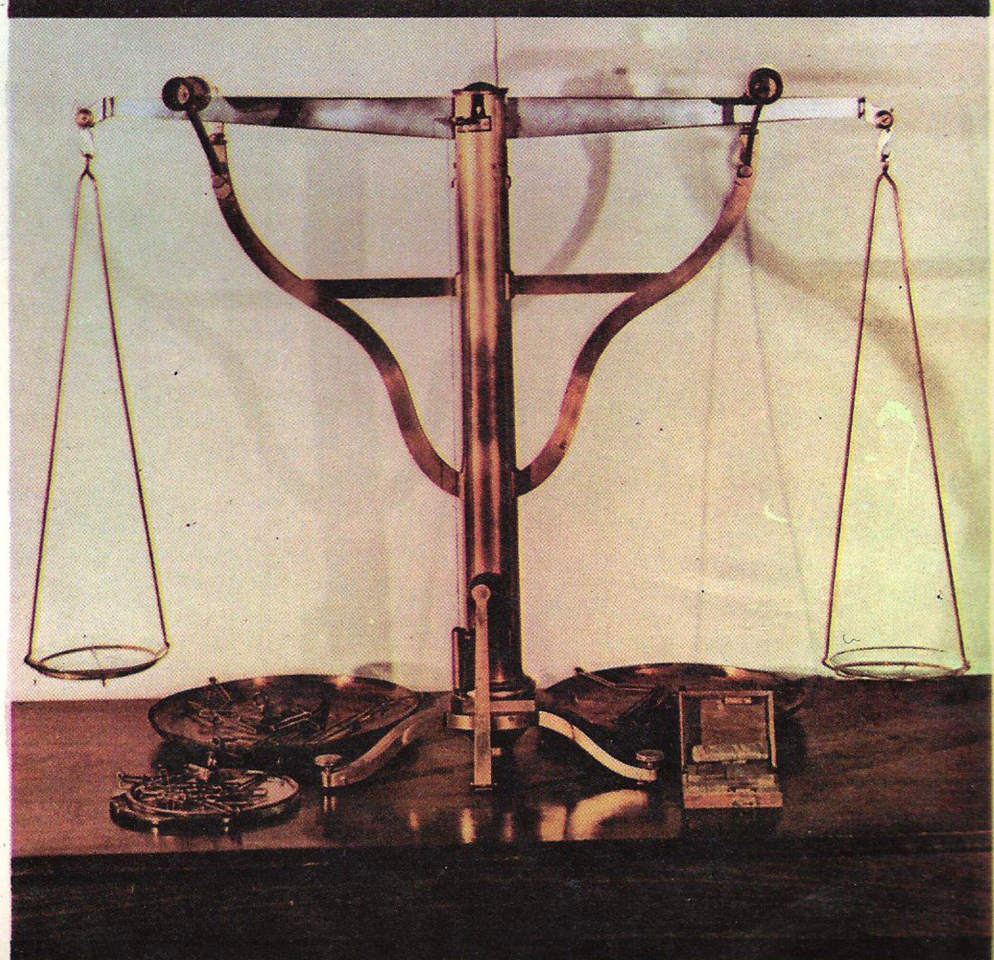
Nª Depuis l'inventaire

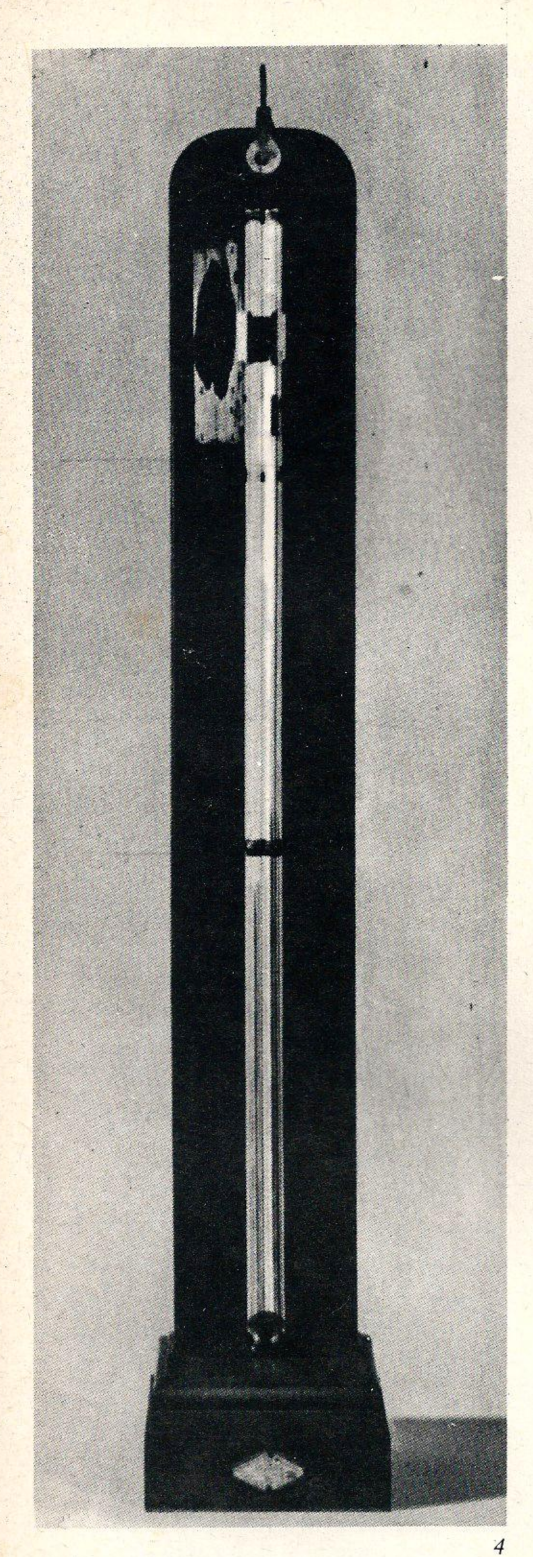
5



1


2


3



4

1. Termómetro de mesa construido por Mégnié. París, Conservatoire National des Arts et Métiers.

2. Balanza de precisión construida por Mégnié hacia 1785. París, Conservatoire National des Arts et Métiers.

3. Gran balanza de precisión construida por Nicolás Fortin en 1789. Lavoisier utilizó esta balanza para las primeras pesadas destinadas a establecer la unidad de peso del nuevo sistema de medidas. París, Conservatoire National des Arts et Métiers.

4. Barómetro de flotador. París, Conservatoire National des Arts et Métiers.

de Morveau, el autor de una nomenclatura racional.

La nueva nomenclatura química

En el lenguaje químico reinaba, en efecto, una extrema complejidad. Las diferentes denominaciones habían sido dadas en distintas épocas y provenían del lenguaje simbólico de los alquimistas y de los términos de los fabricantes; a veces el nombre del descubridor designaba un compuesto al cual se le atribuían por otra parte muchos otros vocablos. Los mismos cuerpos se citaban con distintos nombres, cada uno de los cuales se refería a una de las substancias de donde se extraían o a alguna semejanza con substancias a veces muy diferentes. El gas carbónico era conocido con nueve nombres diferentes.

La nueva nomenclatura fue establecida durante muchos meses de discusiones que tuvieron lugar en el Laboratorio del Arsenal en el invierno 1786-87. Junto a los colegas que aceptaban su sistema, Lavoisier reunía a varios matemáticos: Laplace, Cousin, Borda, Vandermonde, Meusnier. Se revieron todas las denominaciones en función del papel que desempeña el oxígeno en la formación de las bases, de los ácidos y de las sales. Se identificaron los elementos simples y a veces se designaron con nombres nuevos establecidos a partir de raíces griegas que evocaban la propiedad principal: oxígeno, ázoe, hidrógeno. También se utilizó el vocabulario corriente, pero simplificando el uso de los términos. Azufre y fósforo no sirvieron más para designar categorías enteras de compuestos, a veces hipotéticos que poseían ciertas propiedades comunes, sino que se atribuyeron a cuerpos simples definidos. De su nombre se obtuvieron los nombres de los ácidos que producían por oxidación, cambiando la desinencia para indicar el grado de oxidación. Todas estas reglas forman parte de la nomenclatura moderna, cuyos fundamentos no sufrieron ningún cambio radical con respecto a los establecidos por un pequeño grupo de químicos reunidos alrededor de Lavoisier, quien fue en realidad el que proporcionó la materia y definió el espíritu.

En efecto, la nomenclatura no es solamente la reforma de un lenguaje anticuado sino la exposición del nuevo sistema químico: es el manifiesto que hace conocer cómo nació una doctrina científica a la cual bien pronto nada podrá oponerse.

En 1787, la publicación de la *Nomenclatura química* señala la fecha en que parte de las teorías de Lavoisier comienzan a conquistar el mundo científico. Las resistencias más obstinadas se verificaron en Francia y en Alemania. Los químicos británicos adoptaron el nuevo sistema cuando Richard Kirwan en 1788 aceptó los argumentos de los químicos franceses y abandonó el flogisto. Ese mismo año, Lavoisier se dedicaba a la redacción de una obra en la cual pensaba desde hacía mucho tiempo. Desde sus primeros contactos con la química, había comprendido que el público científico tenía necesidad de un tratado donde se excluyeran todas las nociones que dificultaban el acceso a esta ciencia. En varias ocasiones había preparado apuntes y sólo cuando completó la nueva teoría, concibió un plan definitivo y lo llevó a cabo.

El Tratado elemental

Su *Tratado elemental de química* apareció a comienzos de 1789. La obra era totalmente diferente a todas las publicadas antes, incluso las que habían aparecido en el siglo XVIII. Estaba dividida en tres partes y aun el lector con menos conocimientos podía leerla y comprenderla con facilidad. Por primera vez, un libro de química se había liberado de toda característica esotérica.

La primera parte estaba dedicada a la explicación del nuevo sistema químico. Después de un capítulo sobre el calórico, indispensable para exponer la teoría de los gases, Lavoisier había tomado como punto de partida el análisis de la atmósfera y el papel químico del oxígeno; resultaba de allí la composición de los ácidos y la del agua, el estudio de las combustiones y de las fermentaciones. En el capítulo decimotercero escribió la frase famosa, "puesto que nada se crea ni en las operaciones del arte ni en las de la naturaleza", que destruía la filosofía química tradicional.

La segunda parte del *Tratado* se componía de cuarenta y tres tablas que resumían todos los conocimientos químicos según el nuevo sistema. El hecho mismo que fuese posible una tal presentación constituía una demostración de la coherencia y de la organicidad de la nueva química. En la tercera parte de su obra, Lavoisier reunió todos los datos tecnológicos sobre los que su método experimental se había basado. Esta parte no era menos importante que las anteriores y se le debe la renovación del sistema de trabajo de los químicos al introducir definitivamente el análisis cuantitativo en los laboratorios. La obra fue acogida con gran curiosidad en todos los países y se la tradujo pronto a todos los idiomas. En el curso de quince años, se hicieron nueve ediciones en francés, ocho en inglés, tres en alemán, tres en italiano, dos en holandés, dos en español.

La resistencia más tenaz hacia la nueva química se manifestó sobre todo en Alemania, pero desde los primeros años del siglo XIX había desaparecido prácticamente todo indicio del flogisto y de la filosofía de los principios.

Lavoisier y la Revolución

Es sabido que la carrera de Lavoisier fue interrumpida brutalmente por la Revolución. Después de los primeros acontecimientos del año 89, Lavoisier se contaba entre los partidarios más convencidos de la revolución política tal como se presen-

taba en ese momento, y él había compartido las ideas más avanzadas de los economistas de su tiempo. Cuando Turgot era sécretario de Hacienda, Lavoisier defendió las teorías de los fisiócratas y más adelante, sin abandonar el campo administrativo y financiero, se interesó por los problemas políticos.

En los primeros años del gobierno revolucionario desempeñó algunos cargos públicos en los que creía poder volverse útil. En aquella época estaba muy ocupado por dos nuevos órdenes de trabajos científicos: formaba parte de la comisión de la Academia de Ciencias que había sido encargada por la Asamblea nacional de establecer el sistema de medidas universales que habría de constituir el sistema métrico y en este carácter realizó operaciones delicadas para las que era indispensable su habilidad de experimentador. En enero de 1792 efectuó con el físico René Just Haüy las pesadas con las que se debía determinar el valor del futuro patrón de peso, que todavía no se llamaba kilogramo. En mayo estudió con de Borda, navegante y físico, la dilatación térmica de las barras de platino destinadas a las primeras medidas de longitud con las que comenzaba la famosa triangulación del meridiano desde Dunkerque a Barcelona para definir el metro. Por otra parte, la curiosidad de Lavoisier se había dirigido hacia los fenómenos de química fisiológica y biológica. Desde el comienzo de sus investigaciones había tenido la certeza de que el conocimiento de estos fenómenos tenía mucha importancia. Había hecho muchas observaciones sobre la respiración y, luego de terminar de redactar su *Tratado elemental de química*, emprendió un nuevo plan de trabajos que por la amplitud y lucidez de sus designios puede compararse al de 1773. Expuso los grandes lineamientos en 1792 cuando ya había iniciado con un nuevo colaborador, Seguin, una serie de experiencias sobre la respiración y luego sobre la transpiración. Por lo tanto, tenía la intención de pasar al estudio de la digestión y de haber podido disponer todavía de una decena de años hubiera podido crear quizás otra nueva ciencia.

Pero los acontecimientos políticos no se lo permitieron. En 1792 la Revolución había tomado una dirección que ya no aprobaba; sin manifestar nunca hostilidad por el movimiento revolucionario, se retiró de los cargos que desempeñaba. El 20 de marzo de 1792 fue suprimida la *Ferme générale* y se interrumpió así su actividad en la antigua administración real. En agosto renunció a su cargo de director de la Administración de pólvora que desempeñaba desde 1775. Había cumplido allí una tarea de extraordinaria importancia al realizar numerosos estudios para mejorar la calidad de las pólvoras negras, generalizar la instalación de centros para la producción artificial del nitro. Los ejércitos revolucionarios fueron provistos por el Comité de Salud Pública de pólvora para los cañones y fusiles precisamente gracias a los procedimientos de fabricación perfeccionados por Lavoisier.

Por último, en agosto de 1793 se suprimió la Academia de Ciencias junto con todas las instituciones sobrevivientes del régimen anterior. Lavoisier, que había desempeñado un papel tan importante en la vida y en la actividad de tan ilustre compañía, lo lamentó mucho. En ese momento era tesorero de la Academia y en este carácter gestionaba los fondos que servían para las operaciones de la Comisión de pesas y medidas. Estos trabajos fueron interrumpidos por el momento (la Academia habría de ser reconstituida por la Convención a fines del año siguiente, en una forma diferente. Pero Lavoisier no llegó a conocer el nuevo *Institut de France*).

Durante los meses más terribles del Terror habían sido arrestados todos los antiguos recaudadores generales. El Comité de Salud Pública, que debía combatir contra los ejércitos extranjeros y contra los levantamientos internos, se desembarazaba sistemáticamente mediante tribunales revolucionarios de todos aquellos que podían resultar sospechosos de apoyar a los enemigos internos o a los opositores armados. Se sospechaba de todos aquellos que habían servido al régimen anterior, en primer término de los recaudadores generales, quizás a causa de la fama funesta que la *Ferme* había gozado entre el pueblo.

Los recaudadores generales fueron arrestados el 28 de noviembre de 1793, comparecieron ante el tribunal revolucionario el 8 de mayo de 1794 y fueron ajusticiados ese mismo día.

La ejecución de Lavoisier dio origen a muchas anécdotas. Se señaló el hecho de que muchos de los químicos que pocos años antes habían sido sus colaboradores más próximos, como Guyton de Morveau, Fourcroy, Berthollet, Monge, se contaban entre los revolucionarios más convencidos, para dar a entender que lo hubieran podido salvar. Se agregó que no se hizo ninguna tentativa en su favor debido a cierta envidia que había despertado. Pero tal cosa no es avalada por prueba alguna; el momento era tal que quien hubiera hecho gestiones demasiado abiertas a favor de un ex recaudador general arriesgaba la libertad y quizá la cabeza.

También se ha dicho que Lavoisier había solicitado cierto tiempo para terminar algunos trabajos y que el presidente del tribunal se lo habría negado exclamando: "La República no necesita sabios". La anécdota es falsa. Se demostró que el juez Coffinhal, a quien se atribuyó la frase, no estaba presente ese día. Además se desconoce todo el desarrollo del proceso, por lo menos de la última parte del mismo. El único relato auténtico que se posee es el de uno de los acusados que fue declarado inocente al comienzo de la sesión y no asistió al final de la misma.

La historia no puede rehacerse. Lavoisier desapareció cuando todavía no había utilizado plenamente los recursos de su inteligencia. Si las circunstancias no lo hubieran colocado en esa trágica situación, podría haber hecho sin duda todavía aportes considerables. De todos modos había realizado ya una obra que hace de él uno de los mayores creadores de la historia de la ciencia.

Bibliografía

Douglas McKie, *Antoine Lavoisier, Scientist, Economist, Social Reformer.* Constable, Londres, 1952. Léon Velluz, *Vie de Lavoisier*, Plon, París, 1966; Maurice Daumas, *Lavoisier*, Gallimard, París. 1941; Maurice Daumas, *Lavoisier théoricien et expérimentateur*, Presses Universitaires de France, París, 1955; Henry Guerlac, *Lavoisier, The Crucial Year*, Cornell University Press. Ithaca-Nueva York, 1962.

En español puede consultarse:

Aldo Mieli, *Lavoisier y la formación de la teoría química moderna.* Espasa Calpe, Buenos Aires-México, 1944; Leticia Halperin Donghi, *Lavoisier*, Centro Editor de América Latina, Buenos Aires, 1967.

Cuatro colecciones unidas para formar una gran biblioteca:

BIBLIOTECA TOTAL

Títulos aparecidos:

1. **América** - Franz Kafka.
2. **Memorias de un tratante de esclavos** - Théodore Canot.
3. **El cuento norteamericano contemporáneo** - Hemingway, McCullers, Chandler y otros. Selección: Ricardo Piglia. Notas: Wáshington Sardi.
4. **Saussure y los fundamentos de la lingüística** - Estudio preliminar y selección de textos: José Sazbón.
5. **Tiempos memorables** - Carlo Cassola.
6. **Días de infancia** - Máximo Gorki.
7. **El cuento argentino contemporáneo** - J. L. Borges, J. Cortázar y otros. Selección y notas: Beatriz Sarlo.
8. **La revolución industrial.** Introducción: Valerio Castronovo - Selección de textos y traducción: David Peres.
9. **La educación sentimental** - Gustave Flaubert.
10. **Buenos Aires, sus hombres, su política (1860-1890)** - Carlos D' Amico.
11. **El cuento naturalista francés** - Zola, Maupassant, Daudet y otros. Selección y notas: Heber Cardoso.
12. **Ciudad y utopía.** Introducción, notas y selección de textos: Alberto Sato.
13. **El corazón de las tinieblas** - Joseph Conrad.
14. **Mi doble vida** - Sarah Bernardt.
15. **El cuento infantil** - Andersen, Perrault, Collodi y otros. Selección y notas: Graciela Montes.
16. **La sociología clásica** - Durkheim y Weber. Introducción y selección de textos: Juan Carlos Portantiero.
17. **Los señores Golovlev** - Saltikov-Schedrin.
18. **Mis memorias** - Emilio Salgari.
19. **El cuento romántico** - Hoffman, Pushkin, Musset, Poe. Selección y notas: Josefina Delgado.
20. **Teoría política y modernidad: del siglo XVI al siglo XIX.** Introducción, notas y selección de textos: C. A. Fernández Pardo.
21. **Una dama perdida** - Willa S. Cather.
22. **Biografía de un cimarrón** - Miguel Barnet.
23. **El cuento norteamericano del siglo XIX** - Irving, Melville, London y otros. Selección y notas: Nora Dottori.
24. **Literatura y sociedad.** Goldman, Escarpit, Hauser y otros. Introducción, notas y selección de textos: Carlos Altamirano y Beatriz Sarlo.
25. **La herencia** - Guy de Maupassant.
26. **Mi vida** - Fedor Chaliapin.
27. **El cuento inglés** - Dickens, Wilde, Mansfield y otros. Selección y notas: Virginia Erhart.
28. **La investigación social.** Hyman Lazarsfeld, Zeisel, Sorokin, Coser. Introducción, notas y selección de textos: Margot Romano Yalour.
29. **El llamado de la selva** - Jack London.
30. **La tragedia de mi vida** (Carta a Lord Alfred Douglas) - Oscar Wilde.
31. **El cuento fantástico y de horror** - Kafka, Stevenson, Papini y otros. Selección y notas: Jaime Rest.
32. **Los orígenes de la antropología.** Darwin, Morgan y Tylor. Introducción, notas y selección de textos: Fernando Mateo.
33. **Washington Square (La heredera)** - Henry James.
34. **Diario de mi vida** - María Bashkirtseff.
35. **El cuento popular.** Selección y notas: Jorge B. Rivera.
36. **Geografía, ciencia humana.** Humboldt, Ritter, Vidal de La Blache y otros. Introducción, notas y selección de textos: Ricardo Figueira.
37. **Una aldea** - Iván Bunin.
38. **Diario íntimo** - Paul Gauguin.
39. **El cuento ruso del siglo XIX** - Gógol, Tolstoi, Chéjov y otros. Selección y notas: Heber Cardoso.
40. **La economía política clásica** - Smith, Ricardo, Quesnay. Introducción: Antonio Passano. Selección y traducción de textos: Horacio Ciafardini.
41. **325.000 francos** - Roger Vailland.
42. **Memorias** - Héctor Berlioz.
43. **El cuento naturalista italiano** - Verga, Capuana, Serao y otros. Nota preliminar, selección y traducción: Luciana Daelli y Horacio De Luca.
44. **El análisis estructural.** Lévi-Strauss, Barthes, Moles y otros. Introducción, notas y selección de textos: Silvia Niccolini.
45. **Ethan Frome** - Edith Wharton.
46. **Memorias** - Vidocq.
47. **(De próxima aparición).**
48. **Teoría de la educación y sociedad** - Natorp, Dewey, Durkheim. Introducción y selección de textos: Fernando Mateo.
49. **Memorias del subsuelo** - Fedor M. Dostoievski.
50. **Un naturalista en el Plata** - Charles Darwin.
51. **El cuento hispanoamericano contemporáneo** - Rulfo, Onetti, Borges y otros. Selección y notas: Susana Zanetti.
52. **La comunicación de masas.** Lazarsfeld, Morton, Morin y otros. Introducción, notas y selección de textos: Heriberto Muraro.
53. **Apogeo y decadencia de César Birotteau** - Honoré de Balzac.
54. **Diario** - Katherine Mansfield.



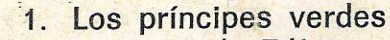
Centro Editor de América Latina



Estos son

Los cuentos del Chiribitil

Para los chiquitos que quieren
que les cuenten cuentos.
Para que se los lean papá y mamá.
Para que lean solos los que ya van
aprendiendo a leer.
Para soñar con cosas
muy grandes y muy chiquitas,
con animales familiares y lejanos,
con otros chicos
a los que les pasan cosas.
Para conocer un poco más el mundo.





Nº 135 al 131 $ 700.-
Nº 130 al 1 $ 870.-